جامعة الملك سعود
King Saud University

المجلة العربية للعلوم الجيولوجية
Arabian Journal of Geosciences

الجمعية السعودية لعلوم الأرض
Saudi Society for Geosciences

موسوعة العمري في علوم الأرض 13 Al-Amri's Encyclopedia of Earth Sciences

المشاكل البيئية وحلولها



عبد الله بن محمد العمري
قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

١٤٤٤ هـ - ٢٠٢٣ م


www.alamrigeo.com



فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

العمري ، عبدالله بن محمد سعيد

المشاكل البيئية وحلولها. / عبدالله بن محمد سعيد العمري - ط١.-
الرياض، ١٤٤٣هـ

٢٢٨ ص ، ٢١,٥ X ٢٨

ردمك: ٨-١٨٠٠-٠٤-٦٠٣-٩٧٨

١ - حماية البيئة ٢ - تلوث البيئة أ. العنوان ب. الموسوعة

ديوي ٣٠١,٣١ ١٢٥٩٩ / ١٤٤٣

رقم الإيداع ١٢٥٩٩ / ١٤٤٣

ردمك: ٨-١٨٠٠-٠٤-٦٠٣-٩٧٨

تطلب النسخة الورقية المجانيـة من المؤلف على العنوان التالي:

قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود ص.ب 2455 الرياض 11451

الإصدار الإلكتروني من خلال الموقع

www.alamrigeo.com





للاستفسارات والملاحظات الاتصال على:

جوال +966505481215 هاتف +966 11 4676198

البريد الإلكتروني E.mail : alamri.geo@gmail.com

الطبعة الأولى

١٤٤٤هـ / ٢٠٢٣م

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَفِي ٱلْأَرْضِ ءَايَٰتٌ لِّلْمُوقِنِينَ ﴾

[سورة الذاريات : آية 20]

﴾And on the Earth are Signs for Those Whose Faith is Certain﴿




موسوعة العمري في علوم الأرض

تمهيد

الحمد والشكر لله الذي ساعدني في إنجاز هذا الجهد المتواضع المرتبط بتأليف الموسوعة العلمية العربية. تهدف الموسوعة العلمية الشاملة في علوم الأرض والبيئة والطاقة إلى تزويد وخدمة الباحثين وطلاب المدارس والجامعات وفئات المجتمع نظراً لمعاناة المهتمين من مشاكل ندرة المراجع العربية في هذا المجال. تشتمل الموسوعة المجانية والتي تعتبر الأضخم عالمياً على 30 كتاب علمي ثقافي موثق ومدعم بالصور والأشكال التوضيحية المبسطة في 6000 صفحة تقريباً تغطي **خمسة أجزاء** رئيسية:

الجـــزء الأول مكون من ستة كتب يناقش عمر الأرض وشكلها وحركاتها وتركيبها الداخلي وثرواتها المعدنية والتعدينية والجاذبية الأرضية وعلاقتها بالمد والجزر:

- تقدير عمر الأرض
- التركيب الداخلي للأرض
- شكل الأرض وحركاتها
- المعادن والتعدين
- الجاذبية الأرضية وتطبيقاتها
- المد والجزر

الجـزء الثانـي من الموسوعة يشتمل على ستة كتب تربط علاقة الأرض بالنظام الشمسي وبالأخص القمر والأغلفة الجوية والمائية والحيوية المحيطة بالأرض. وكذلك دور الزلازل والتفجيرات والبراكين والتسونامي في التأثير على بنية الأرض وكيفية تقليل مخاطرها:

- موجات التسونامي
- البراكين وسبل مجابهتها
- الزلازل والتفجيرات
- جيولوجية القمر
- تقييم مخاطر الزلازل
- الأغلفة المحيطة بالأرض

الجزء الثالث يتألف من ستة كتب يربط كل ما يتعلق بالمشاكل والكوارث البيئية والطبيعية وحلولها والتغيرات المناخية وأهمية التشجير ومعالجة الاحتباس الحراري:

- المشاكل البيئية وحلولها
- الانزلاقات والإنهيارات والفيضانات
- التغيرات المناخية والاحتباس الحراري
- الأمطار والسيول والسدود
- التشجير: التحديات والحلول
- التصحر والجفاف

الجـزء الرابـع يتكون من ستة كتب يناقش ارتباط علوم الأرض بالعلوم الأخرى نوويا وطبياً، وكذلك دور الطاقة المستدامة النظيفة اقتصادياً وبيئياً:

- مستقبل الطاقة في عالمنا
- الجيوفزياء النووية
- الطاقة الحرارية الأرضية
- الجيولوجيا الطبية
- هل إنتهى عصر النفط؟
- دليل كتابة الرسائل الجامعية والنشر العلمي

أما **الجـزء الخامـس** يتألف من ستة كتب متخصصة في العلوم الجيولوجية مكونة من 2020 سؤال وجواب لمساعدة طلاب الجامعات والباحثين وتهيئتهم للاختبارات الشاملة والتأهيلية للدراسات العليا ومزاولة المهنة:

Q&A	321 سؤال وجواب في تطور الأرض
Q&A	358 سؤال وجواب في علم الصخور والجيوكيمياء والاستشعار عن بُعد والـ GIS
Q&A	358 سؤال وجواب في الثروات الطبيعية
Q&A	380 سؤال وجواب في المخاطر الجيولوجية
Q&A	303 سؤال وجواب في علم الزلازل والزلزالية الهندسية
Q&A	300 سؤال وجواب في الجيوفيزياء التطبيقية

المؤلــــــــف

مقدمة

البيئة هي كل شيء من حولنا، أو كما قال الفيزيائي الشهير ألبرت أينشتاين: (البيئة هي كل شيء غير أنا)، فهي تشمل الكائنات الحية وغير الحية (الهواء، والماء، والطاقة) التي نتفاعل معها في شبكة معقدة من العلاقات التي تربطنا ببعضنا بعضاً والعالم الذي نعيش فيه.

مع ظهور العديد من التطورات العلمية والتكنولوجية المتقدمة، فإننا نعتمد تماماً على البيئة للحصول على الهواء النظيف والماء والغذاء والمأوى والطاقة وكل شيء آخر نحتاجه للبقاء على قيد الحياة وبصحة جيدة. نتيجة لذلك، نحن جزء من الطبيعة ولسنا منفصلين عنها.

وتتمثل الأهداف الثلاثة لعلوم البيئة في معرفة كيفية عمل الطبيعة، وفهم كيفية تفاعلنا مع البيئة، وإيجاد طرائق للتعامل مع المشكلات البيئية والعيش بشكل أكثر استدامة.

يدرس علم البيئة كيفية تفاعل الكائنات الحية مع بعضها بعضاً ومع بيئتها. كل كائن حي هو عضو في نوع معين، أي مجموعة من الكائنات الحية التي لها مجموعة فريدة من الخصائص التي تميزها عن جميع الكائنات الحية الأخرى.



التركيز الرئيسي لعلم البيئة هو دراسة النظم البيئية. والنظام البيئي هو مجموعة من الكائنات الحية داخل منطقة أو حجم محدد تتفاعل مع بعضها البعض ومع بيئتها من مادة وطاقة غير حية. مثلاً يتكون النظام البيئي للغابات من النباتات (بخاصة الأشجار) والحيوانات والكائنات الدقيقة التي تحلل المواد العضوية وتعيد تدوير المواد الكيميائية الخاصة بها، وكلها تتفاعل مع بعضها البعض ومع الطاقة الشمسية والمواد الكيميائية الموجودة في الهواء والماء والتربة في النظام البيئي.

يجب ألا نخلط بين علم البيئة Environmental Science، وهو البيئة الطبيعية تشمل جميع الكائنات الحية، والعناصر غير الحية، التي توجد على كوكب الأرض بشكل طبيعي، وعلم التبيؤ (الإيكولوجي) Ecology الذي يدرس التفاعلات بين الكائنات الحية وبيئتها الطبيعية الحيوية، وحماية البيئة Environmentalism التي هي عبارة عن حركة اجتماعية مكرسة لحماية أنظمة دعم الحياة على الأرض لجميع أشكال الحياة. وتُمارس حماية البيئة في الساحتين السياسية والأخلاقية أكثر منها في مجال العلوم.

لقد صارت مشكلات البيئة اليوم حديث الساعة، وصار من المُلحّ جدّاً إيجاد حلول عاجلة لها، وإلا فإن كوكب الأرض برمته سيكون عُرضةً لتغيرات تنعكس سلباً على حياة البشر والشجر والحجر.

سنتناول في هذا الجزء أبرز المشكلات البيئية التي تؤرق العالم كله وهي ثماني مشكلات: مشكلة زيادة عدد السكان، ومشكلة استخدام الأراضي للزراعة، ومشكلة استخدام الأراضي وموارد الغابات، ومشكلة استخدام الأراضي للتنقيب

عـن المـوارد المعدنيـة والفحـم، ومشـكلة اسـتخدام الأراضـي للتحضـر والنقـل، ومشـكلة المـوارد المائيـة، ومشـكلة تلـوث الهـواء وطبقـة الأوزون، ومشـكلة تغيـر المُنـاخ والاحتبـاس الحـراري. ولكننـا سـنفرد للمشـكلة الأخيـرة جـزءاً خاصّـاً لوحدهـا.

كمـا أننـا سـنتناول الحلـول المقترحـة التـي يمكـن أن تسـاعد في تقليـص حجـم هـذه المشـكلات.



نشتق المبادئ الثلاثة المترابطة للاستدامة من تعلم كيف استطاعت الطبيعة أن تحافظ على مجموعة كبيرة ومتنوعة من الحياة على الأرض لما لا يقل عن 3.5 بليون سنة، مع حدوث تغيرات الجذرية في الظروف البيئية.



مشـــكلة زيـــادة عـــدد الســـكان

أشار (أبو الثورة الخضراء)، نورمان بورلوغ، في محاضرته عن جائزة نوبل للسلام عام 1970 إلى أن (معظم الناس ما زالوا يفشلون في فهم حجم وخطر «وحش السكان»). لكن لماذا يحدث هذا الفشل؟ ولماذا هناك تخوّف حقيقي من مشكلة الزيادة السكانية؟

لنناقش الاتجاهات الزمنية للزيادة في عدد السكان وآثارها في رفاهية البشر والكائنات الحية الأخرى والبيئة.

• القُوى الدافعة للنمو السكاني البشري

تُظهر الدراسة العلمية لحجم وتكوين ومعدل تغيير السكان (الديموغرافيا) أن البشر لديهم القدرة على النمو مثل جميع المجموعات السكانية الأخرى في الطبيعة – أي بشكل أسي – ويخضع البشر لجميع المبادئ البيئية المتعلقة بالتغيير في حجم السكان خلال فترة زمنية ومساحة معينة في نظام مغلق، مثل كوكب الأرض، وهو نتاج حجم السكان الحالي ومعدل التغيير، أو معدل النمو (معدل المواليد مطروحاً منه معدل الوفيات). وهو ما يعبّر عنه عموماً على أنه عدد المواليد والوفيات لكل 1000 شخص في السنة:

حجم السكان في المستقبل = حجم السكان الحالي × (معدل المواليد - معدل الوفيات)

يمكن أن يخضع معدل النمو (r) للبشر على المستوى العالمي (عادةً ما يُعبّر عنه بنسبة مئوية لكل عام) لزيادة طبيعية أو انخفاض طبيعي، أو يمكن أن يبقى مستقراً،

وهي حالة تُعرف باسم النمو السكاني الصفري، حيث تتساوى معدلات المواليد مع معدلات الوفيات:

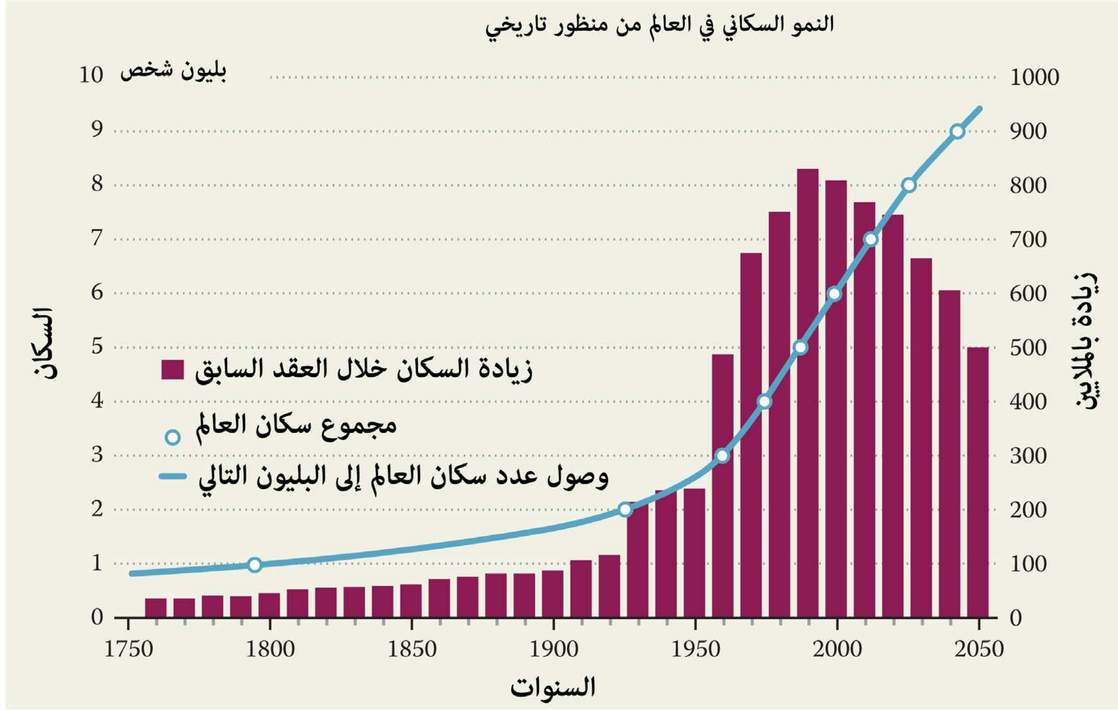
معدل النمو السنوي (%) = [(معدل المواليد - معدل الوفيات) / 1000 شخص] × 100

عندما يُنظر في ديناميات السكان (التغيرات عبر الزمان والمكان) على المستويات المحلية والإقليمية والدولية، يجري تضمين الهجرة (الهجرة إلى الخارج) كعامل في تقدير التغير السكاني. والمقصود بالهجرة هي هجرة الناس إلى أو إلى خارج السكان من منطقة أخرى. مع إدراج عوامل الهجرة، يمكن تقدير التغير السكاني على النحو التالي:

معدل النمو السنوي (%) = [(المواليد + الهجرة) - (الوفيات + الهجرة)] / 1000 شخص

النمو الأسي هو سلوك نظام يُعرض عندما يتغذى أحد مكونات النظام على نفسه من خلال حلقة تغذية مرتدة إيجابية. مثلاً، ضع في اعتبارك عدد السكان في العالم، حيث تؤدي ولادة البشر إلى زيادة الحجم الأولي للسكان، مما يؤدي إلى زيادة عدد البشر الذين يولدون.





النمو الهائل في عدد السكان وتقدير عدد السكان بحلول عام 2050.

كلما زاد عدد السكان، كان معدل نموه أسرع. وعندما يُرسم منحني تغير عدد الأشخاص على الأرض بمرور الوقت، فإن شكل النمو الأسي يأخذ شكل حرف (J) المميز. ويوجد مقياس مفيد لمعدل النمو السكاني هو الزمن المضاعف (Td) لحجم السكان، والذي يُحسب من معدل النمو السنوي (r) على النحو الآتي:

$$Td = 70/r$$

لقد ارتفع عدد سكان العالم من نحو 500 مليون في عام 1650 إلى نحو 4 بلايين (10^9) من خلال التضاعف في 1800 و1930 و1975، من المتوقع أن يرتفع عدد سكان



العالم الحالي الذي يزيد على 6 بليونات إلى 9.3 بليون بحلول عام 2054. ومع ذلك، من المتوقع أن يستمر المعدل السنوي للنمو السكاني في كل من البلدان النامية والمتقدمة في الانخفاض.

التغييرات في معدل النمو السكاني في البلدان النامية متخلفة عن تلك في البلدان المتقدمة بنحو 30 سنة. من المهم هنا التأكيد على العلاقة بين الأسعار والأسهم. ما يتناقص هو معدل النمو السنوي لسكان العالم، مما يعني أن حجم السكان لا يزال مستمرًا في الزيادة (وإن كان ذلك أبطأ) حتى يتم الوصول إلى الاستقرار السكاني على مستوى العالم. ستؤدي الاختلافات الإقليمية في معدلات النمو وحجم السكان الحالي للبلدان العشرين الأكثر اكتظاظاً بالسكان إلى تغيير صفوف أحجام سكانها بين عامي 2000 و2050.

تعتمد معدلات المواليد والوفيات البشرية على العديد من العوامل الداخلية والخارجية المتفاعلة، مثل معدلات الخصوبة، ونسبة الرجال والنساء في سن الإنجاب (الهيكل العمري)، ووفيات الأطفال، ومتوسط العمر المتوقع، والأعراف الدينية والثقافية، ومستوى التعليم والوفرة، وكمية ونوعية الموارد الطبيعية.

هناك نوعان من معدلات الخصوبة: مستوى الإحلال والخصوبة الإجمالية. الخصوبة على مستوى الاستبدال (RLF) هي عدد الأطفال الذين يجب على الزوجين أن يحلوا مكانهم أطفال آخرين. أما معدل الخصوبة الإجمالي (TFR) فهو متوسط عدد الأطفال المولودين لكل امرأة خلال حياتها.

يجب أن يكون معدل الخصوبة الإجمالي أعلى بقليل من طفلين لكل امرأة من أجل الوصول إلى مستوى الإحلال (2.1 في البلدان ذات معدلات الوفيات المنخفضة) لأن بعض الفتيات يمتن قبل بلوغ سن الإنجاب.

متوسط الخصوبة على مستوى الاستبدال في البلدان النامية التي ترتفع فيها وفيات الرضع يصل إلى 2.7. إذا بقي معدل الخصوبة الإجمالي منخفضًا لفترة طويلة، فإن السكان يعانون من انخفاض طبيعي. انخفض المتوسط العالمي لمعدل الخصوبة الإجمالي من 5.0 بين 1950-1955 إلى 2.9 بين 1990-1995. في الصين، استغرقت عملية خفض معدل الخصوبة الإجمالي من نحو 6 إلى 2.4 طفل لكل امرأة 20 عاماً. من ناحية أخرى، أدت فترة الخصوبة المرتفعة بين الخمسينيات وأوائل السبعينيات في العديد من البلدان النامية إلى ارتفاع هيكل سن الإنجاب الحالي.

تسبب النسبة العالية للأفراد في سن الإنجاب بين السكان ما يسمى بـ(الزخم السكاني)، وهو أحد أهم العوامل التي تخلق تأخراً زمنيّاً في استقرار النمو السكاني في العالم.

تميز النماذج الديموغرافية بشكل عام بين أربع مراحل للتحول الديموغرافي الذي يؤدي إلى نمو سكاني مستقر في البلدان الأكثر تقدماً. يحدث هذا عندما يكون هناك انتقال من معدلات المواليد والوفيات المرتفعة إلى معدلات المواليد والوفيات المنخفضة نسبيّاً على مراحل.

- في مرحلة ما قبل الصناعة (المرحلة 1)، كانت معدلات المواليد والوفيات مرتفعة. في المرحلة الانتقالية (المرحلة 2)، ينمو السكان بسرعة لأن معدلات الوفيات تنخفض مع زيادة معايير النظافة وتوافر العلاجات الطبية (مما يؤدي إلى زيادة متوسط العمر المتوقع)، لكن معدلات المواليد تبقى مرتفعة.

- في المرحلة الصناعية (المرحلة 3)، ينخفض معدل نمو السكان حيث تبدأ معدلات المواليد في الانخفاض بسبب انخفاض الحوافز لوجود أسر كبيرة.

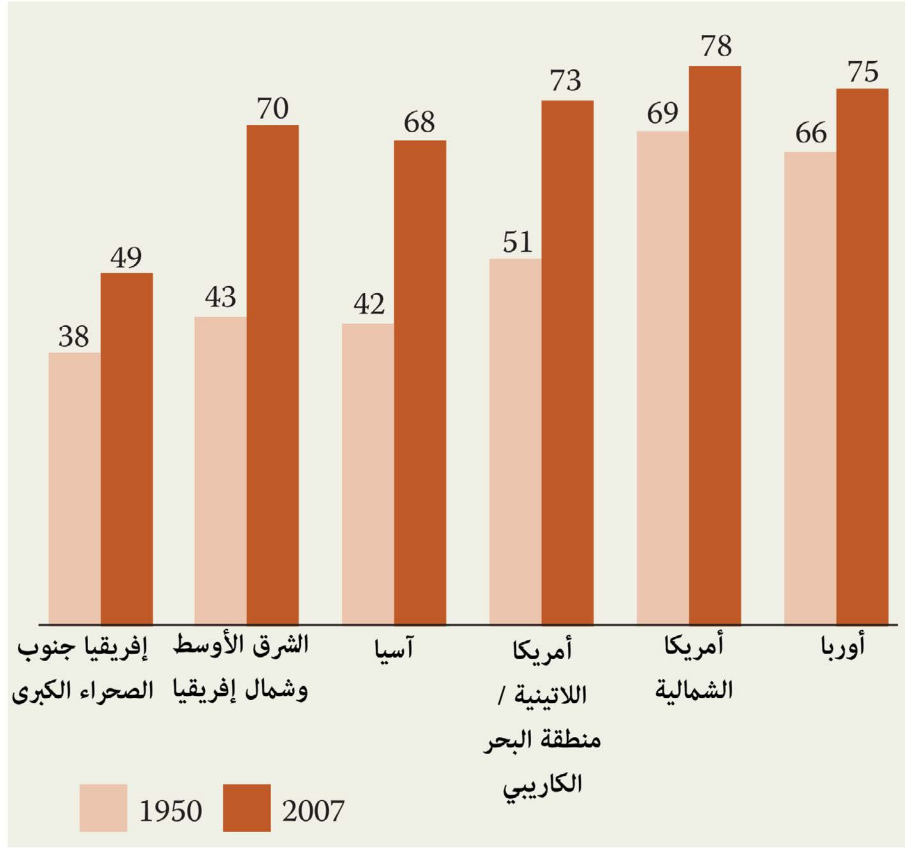
- في مرحلة ما بعد الصناعة (المرحلة 4)، يستقر عدد السكان عند مستوى منخفض نسبيّاً وقد يخضع أيضاً لانخفاض طبيعي. في هذه المرحلة يقال إنّ السكان قد مروا بتحول ديموغرافي كامل.

يوجد مؤشران مترابطان بشكل وثيق للصحة العامة الشاملة والجودة البيئية في بلد ما هما متوسط العمر المتوقع ومعدل وفيات الرضع (IMR). متوسط العمر المتوقع هو متوسط عدد السنوات التي يتوقع أن يعيشها المولود الجديد. أما معدل وفيات الرضع هو عدد الأطفال لكل 1000 مولود جديد كل عام يموتون قبل عيد ميلادهم الأول.

يمكن للأشخاص الفقراء أن يروا أن إنجاب المزيد من الأطفال يُحسّن أملهم في الأمن والرفاهية في المستقبل؛ لأنهم يعتمدون على أطفالهم في الأعمال المنزلية أو الصناعية أو الزراعية وفي الدعم في سن الشيخوخة. على الصعيد العالمي، هناك نحو 87 % من الرجال و 77 % من النساء يعرفون القراءة والكتابة، وتشمل العوامل التي تسبب انخفاضاً في التحاق النساء بالمدارس مقارنة بالرجال: الفقر، والتحيز الجنساني، والزواج المبكر وإنجاب الأطفال، ومحدودية فرص العمل للنساء في العديد من القطاعات الاقتصادية.

ومع ذلك، شهد النصف الثاني من القرن العشرين اتساعاً في وصول المرأة إلى التعليم وخدمات الصحة الإنجابية، فضلاً عن تطوير أساليب تنظيم الأسرة، التي أطلق عليها بشكل تراكمي (الثورة الإنجابية).

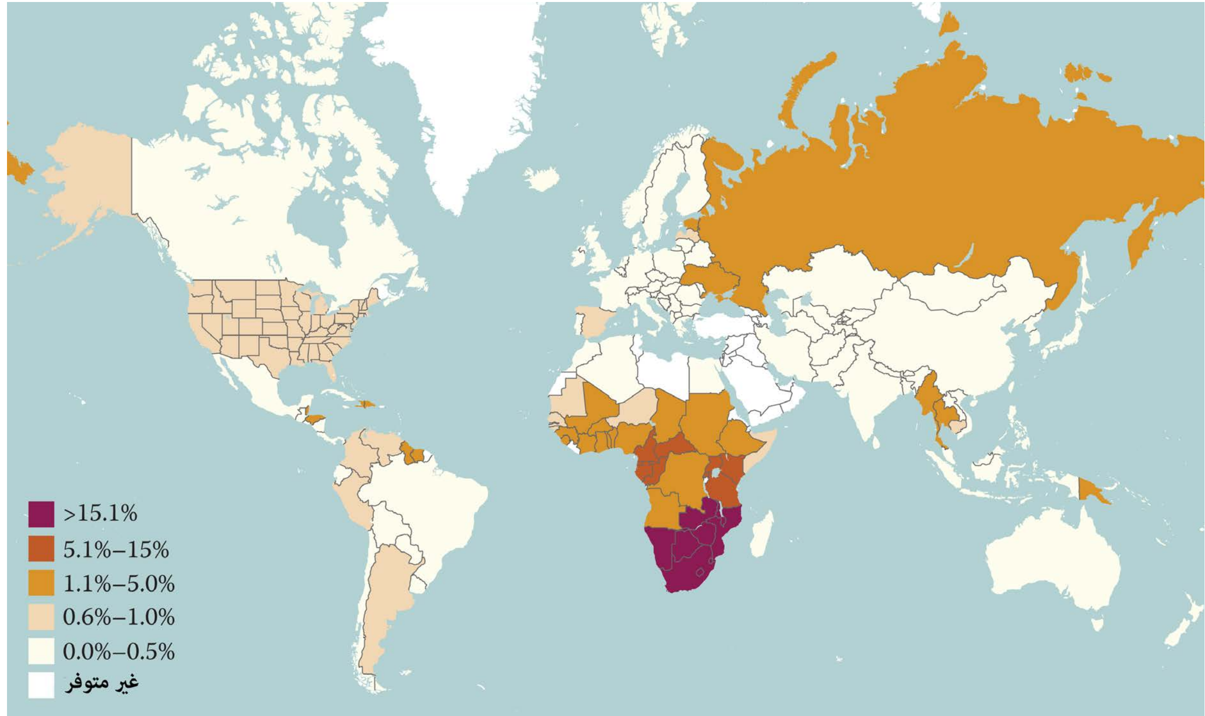




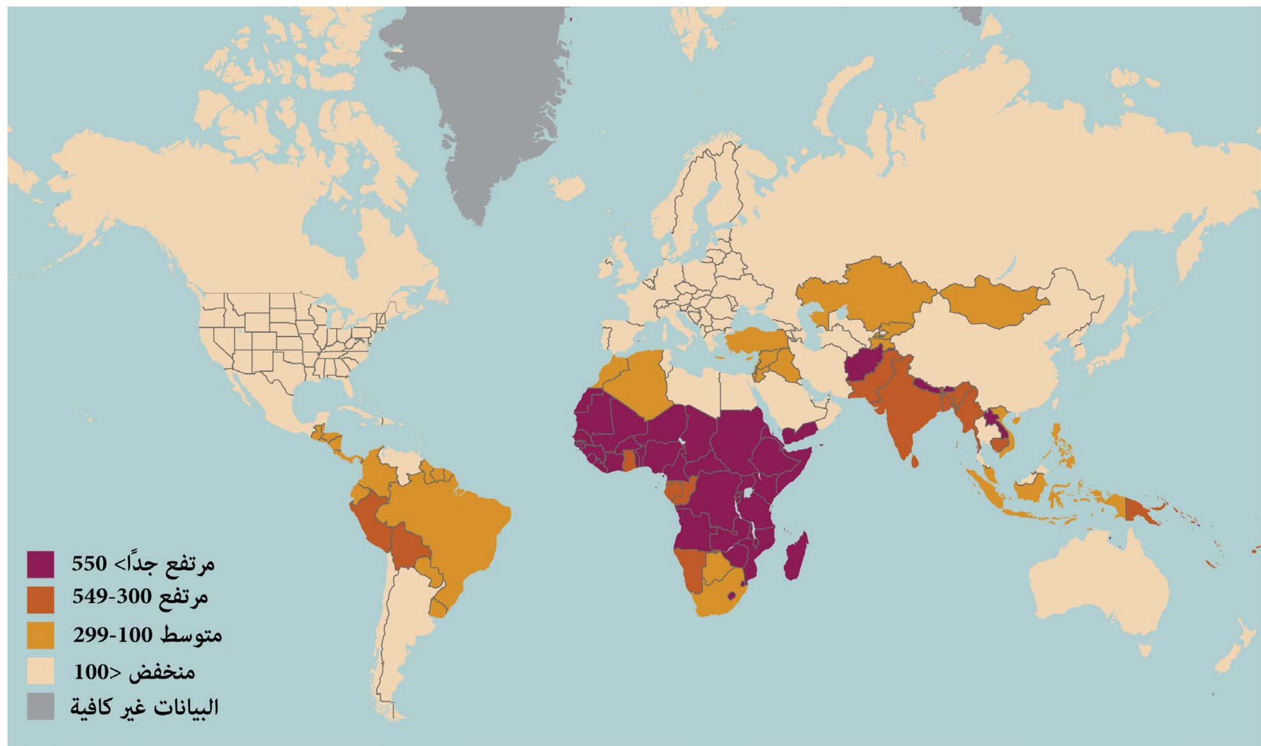
متوسط العمر المتوقع حسب مناطق العالم.

ترتبط خصائص الصحة الإنجابية للمجتمع ارتباطاً وثيقاً بحالة التنمية. مثلاً، انتشار عدوى فيروس نقص المناعة البشرية / الإيدز هو الأعلى في الجنوب الأفريقي، مع أنّ هذه العدوى شوهدت في كل من البلدان الفقيرة والغنية معاً. وبالمثل، يُحدّد معدل وفيات الأمهات من خلال تفاعل العوامل البيولوجية والاجتماعية والاقتصادية والثقافية وتعتبر مؤشراً على التطور الاجتماعي، وكذلك معدل الخصوبة المرتفع ووفيات الأطفال.

تعتبر سياسات الهجرة والفقر من العوامل الاجتماعية والاقتصادية المُهمَّة التي تؤثر في النمو السكاني بغض النظر عن وضع المرأة. يمكن استخدام سياسات الهجرة لتنظيم النمو السكاني: مثلاً، يمكن أن يؤدي تشجيع الهجرة إلى زيادة عدد سكان البلدان مع انخفاض معدلات المواليد. وعلى العكس من ذلك، فإن تقييد الهجرة أو التشجيع على الهجرة يخفف من الازدحام والبطالة.



انتشار فيروس نقص المناعة البشرية هو الأعلى في الجنوب الأفريقي.



معدل وفيات الأمهات في العالم هو الأعلى في البلدان منخفضة الدخل.

النمو السـريع في الأرقام يعني زيادة الاستهلاك

أدى النمو السكاني السريع وما يصاحب ذلك من التصنيع / التحضر السريع إلى تقلص الغابات والأراضي الحراجية في العالم بمقدار 1.2 بليون هكتار والأراضي العشبية والمراعي بمقدار 580 مليون هكتار منذ عام 1700. لقد زاد البشر من مساحة الأراضي الصالحة للزراعة بمقدار 1.2 بليون هكتار منذ عام 1700 بما يتناسب مع الاحتياجات البشرية المتزايدة للغذاء والألياف.

توسعت الأراضي الزراعية بنسبة 466 % من عام 1700 إلى عام 1980، وكان ذلك في الغالب على حساب الغابات والأراضي العشبية والتنوع البيولوجي. ولكن منذ عام 1960، تباطأ معدل توسع الأراضي الزراعية بشكل كبير بما يتناسب مع النمو السكاني بحيث أصبح إجمالي الأراضي الصالحة للزراعة حالياً نحو 1.3 أو 1.4 بليون هكتار.

في الوقت نفسه، زاد متوسط غلات الحبوب العالمية بمعدل 1 طن في الهكتار لكل 2 بليون شخص بسبب زيادة استخدامات المحاصيل عالية الغلة والأسمدة والمبيدات الحيوية ومياه الري في عملية تسمى الثورة الخضراء. مكنت الثورة الخضراء في الستينيات من مضاعفة إنتاج الغذاء العالمي في السنوات الخمس والثلاثين الماضية دون زيادة كبيرة في الأراضي الصالحة للزراعة.

ومع ذلك، انخفض نصيب الفرد من إنتاج الحبوب بنسبة 8 % (0.5 % في السنة) في جميع أنحاء العالم منذ عام 1984 بسبب نقص الأراضي المنتجة والمياه، وتناقص العائدات من الأسمدة الباهظة الثمن ومبيدات الآفات والوقود الأحفوري. لقد كان للتكثيف الزراعي في السنوات الخمس والثلاثين الماضية

آثار ضارة كبيرة على كل من النظم البيئية البرية والمائية نتيجة لزيادة 6.87 ضعف في الأسمدة النيتروجينية، وزيادة 3.48 ضعف في الأسمدة الفوسفورية، وزيادة 1.68 ضعف في الكمية من الأراضي الزراعية المروية.

نظرًا لأن البشر أصبحوا النوع المهيمن، فقد أدت الأنشطة البشرية إلى تجانس كبير وتبسيط تكوين الأنواع، وتنوع ووفرة النظم الإيكولوجية الأرضية والمائية، وأنظمة الاضطرابات الطبيعية الخاصة بها. مع مرور كل يوم، يجري القضاء على ما يقدر بنحو 150 نوعاً بسبب الاضطرابات المتزايدة التي يسببها الإنسان، بما في ذلك إزالة الغابات؛ وتلوث التربة والمياه والهواء، واستخدام مبيدات الحشرات. إضافة إلى التحضر والتصنيع.

تسببت الزراعة الأحادية في جعل أربعة نباتات كانت نادرة في السابق (الشعير والذرة والأرز والقمح) هي النباتات المهيمنة على مستوى العالم. مجتمعة، تغطي هذه حالياً 39.8 % من أراضي المحاصيل العالمية، ولأنها مزارع أحادية المحصول، فإن لديها قابلية طبيعية أعلى لمسببات الأمراض والآفات.

يعتمد ما يقرب من ثلث الإمدادات الغذائية في العالم على خدمات التلقيح والمكافحة الحيوية التي تقدمها الحشرات والطيور والثدييات التي تعيش في النظم البيئية الطبيعية المجاورة. وبالتالي، تؤدي مثل هذه الزراعة الأحادية إلى خسارة نحو 40 % من إجمالي إنتاج المحاصيل المحتمل بسبب الآفات (مثل لفحة الذرة الجنوبية، ودودة جذر الذرة الغربية، وصدأ رأس القمح) مع أنّ الاستخدام السنوي لـ 2.5 مليون طن من المبيدات الحيوية.

يذهب نحو 40 % من إنتاج الحبوب العالمي إلى العلف الحيواني (70 % في الولايات المتحدة و 24 % في آسيا)، ومن المتوقع أن يزداد إجمالي استهلاك اللحوم الحالي من 211 مليون طن في 1997 إلى 513 مليون طن في 2050. سوف تؤدي إلى زيادة الضغوط على جودة البيئة والأمن الغذائي.

توسعت مساحة الأرض العالمية من الحبوب من 590 مليون هكتار في عام 1950 إلى 670 مليون هكتار في عام 2004، وبلغت ذروتها التاريخية التي بلغت 730 مليون هكتار في عام 1981. وانخفضت مساحة أراضي الحبوب للفرد من 0.23 هكتار في عام 1950 إلى 0.11 هكتار في عام 2000 ومن المتوقع أن تنخفض إلى 0.07 هكتار في عام 2050.

يوجد بالفعل انخفاض خطير في الاكتفاء الذاتي الغذائي في البلدان النامية. فقد زادت واردات الحبوب البالغة 20 مليون طن في 1969-1971 من قِبل البلدان النامية ككل إلى نحو 112 مليون طن في عام 2000. وقد جرت تغطية الجزء الأكبر من هذا العجز حتى الوقت الحالي من خلال الفوائض في أمريكا الشمالية، مما يجعل الأمن الغذائي العالمي في خطرٍ شديدٍ. مثل أي اختلاف في أداء المزارعين والظروف المناخية في المنطقة الواحدة أو في استخدام المحاصيل للمنتجات غير الغذائية مثل الإيثانول.

الضوابط الطبيعية الحيوية على النمو السكاني

بشكل عام، لا تأخذ الإسقاطات الديموغرافية للبلدان في الاعتبار الضوابط المفروضة عليها بسبب القيود الطبيعية الحيوية المحلية والعالمية. لا يمكن أن يستمر النمو الأسي الناتج عن ردود الفعل الإيجابية في النظام إلى ما لا نهاية. بمعنى آخر، هناك دائماً عوامل مقيدة وردود فعل سلبية لمنع النمو الأسي للنظام من الاستمرار إلى الأبد؛ تُعرف هذه العوامل أيضاً باسم حدود النمو أو القدرة الاستيعابية.

مثلاً، سيؤدي وجود كميات محدودة من الغذاء والماء والطاقة والأرض في النهاية إلى تقييد رفاهية النظم الاجتماعية والطبيعية والاقتصادية والسياسية للحد من عدد السكان. يأخذ حجم السكان شكل (S) (النمو اللوجستي) على مدى فترة زمنية أطول عندما يتم تنظيم الإمكانات الحيوية (أقصى معدل نمو في ظل الظروف المثالية) لتلك المجموعة من خلال العوامل المحددة والقدرة الاستيعابية في منطقة معينة.

يحوي رأس المال الطبيعي (الموارد) على جميع مخزونات سلع النظام البيئي وجميع تدفقات خدمات النظام البيئي التي يعتمد عليها بقاء وصحة النباتات والحيوانات والبشر. كما توفر سلع وخدمات النظم البيئية وظائف إنتاجية وتنظيمية ووقائية ومعرفية من أجل رفاهية البشر والنظم الإيكولوجية الطبيعية المحيطة بهم. ويمكن تصنيف الموارد الطبيعية بشكل أساسي إلى مجموعتين: الموارد الطبيعية المتجددة، وغير المتجددة.

الموارد المتجددة محدودة السعر (متوفرة في التدفقات الثابتة) بحكم معدلات قدرتها على التجدد الذاتي في أقل فترة زمنية بشرية. أما الموارد غير المتجددة فهي مخزون محدود (متاح بكميات ثابتة) بسبب معدلات التجديد البطيئة جدّاً.

وهذا بدوره يضر بشكل تدريجي بإنتاجية الأرض وسلامتها وتنوعها البيولوجي واستقرارها. وكون رأس المال الطبيعي للأرض محدود وغير قابل للاستبدال، فإنه يحد في النهاية من النمو غير المحدود للبشر والاستهلاك.

توجد ثلاثة أسباب تفسر كيف توصل البشر إلى الأرقام التي لديهم حالياً:

أولاً : التوسع في مناطق جديدة وموائل جديدة.

ثانياً: من خلال استيراد الموارد والزيادات في الإنتاجية بسبب التقدم التكنولوجي، حدث توسيع للقدرات الاستيعابية للبيئات المشغولة بالفعل.

ثالثاً: جرى إخفاء عدد من الوسائل وتأخير عمل العوامل المحددة. مثلاً، قد تؤدي التجارة والتقدم التكنولوجي وإخفاقات السوق إلى تأجيل الحدود البيئية لزيادة الطلب البشري على الموارد الطبيعية والخدمات على المستويات المحلية والإقليمية والعالمية.

يشير فشل السوق إلى عدم قدرة أسعار السوق على أن تعكس بطريقة دقيقة وفي الوقت المناسب القيمة الاجتماعية لسلع وخدمات النظام البيئي غير المسوقة وغير القابلة للتداول. تشمل إخفاقات السوق ما يأتي:

- العوامل الخارجية (مثلاً، التقييم غير الكافي لسلع وخدمات النظام الإيكولوجي غير المسوقة في عملية صنع القرار).
- التوزيع غير العادل للدخل من أجل الرفاهية الجماعية للمجتمع.
- الافتقار إلى التحليلات والمؤشرات البيئية طويلة الأجل لرفاهية الأجيال الحالية والمستقبلية.



- نقص الإشارات التي توجه القرارات في ظل وجود موارد وخدمات طبيعية مشتركة (مثل الغلاف الجوي وطبقة الأوزون وتأثيرات الاحتباس الحراري) التي يستحيل تخصيص حقوق الملكية لها.

يعزو العديد من الباحثين تدهور واستنفاد رأس المال الطبيعي إلى مجموعة من الأسباب الرئيسية ويعتبرونها قوى دافعة أساسية أو أسباب، وتشمل النمو السريع للسكان والاستهلاك البشريين، واستخدام التقنيات غير المتوافقة بيئيّاً ، وعدم تقدير وتقييم خدمات النظام البيئي. والتعقيدات في السوق وعدم العدالة في توزيع الثروة والسلطة.

إن اكتشاف هذه الأسباب الكامنة والتعرف عليها ضرورة لإيجاد حلول فعَّالة وطويلة الأجل للمشكلات البيئية. وقد اقترح مقياس ديموغرافي لتأثير السكان في جودة البيئة لأول مرة بوساطة كلود Cloud على النحو الآتي:

التأثير = إجمالي الموارد المتاحة / الكثافة السكانية × الاستهلاك الفردي

المقياس التالي، الذي اقترحه إيرليش وهولدرين واستشهد بهما على نطاق واسع، يحسب تأثير (I) السكان في البيئة كمنتج للسكان (P)، ومستوى الثراء (A)، والضرر الذي تسبب فيه تقنيات معينة (T) التي تدعم هذا الثراء (الاستهلاك الفردي): $I = P \times A \times T$

كما جرى تحديد العلاقة بين إنتاجية النظام البيئي وحجم السكان ونمو الاستهلاك من قِبل الآخرين. أحد هذه التحليلات الحديثة التي تحظى بأكبر قدر من الاهتمام هو تحليل البصمة البيئية Ecological Footprint.




• زيادة الاستهلاك وتقليل الموارد الطبيعية

الفجوة المتزايدة بين نوعية وكمية قاعدة الموارد الطبيعية والسكان البشريين واستهلاكها واستخدام التكنولوجيا المدمرة بيئيّاً يقلل من القدرة الاستيعابية للأرض وبالتالي قدرتها على توفير الرفاهية والصحة للمكونات البشرية وغير البشرية الحالية والمستقبلية.

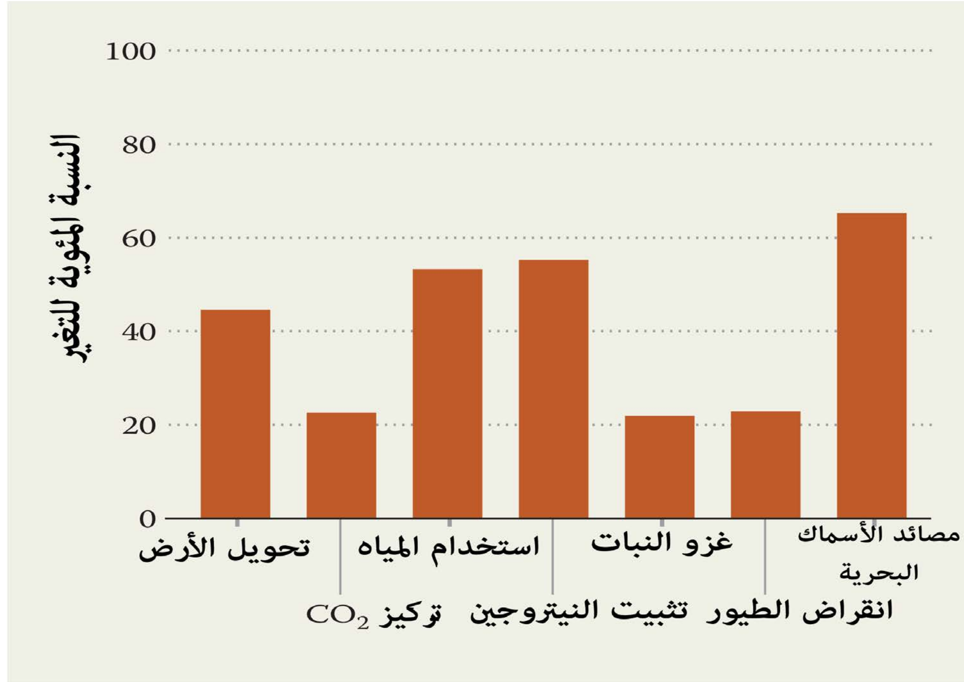
تبلغ المساحة الكلية الخالية من الجليد للأنظمة البيئية الأرضية نحو 13.1×10^9 هكتار. تشكل المناطق المنتجة بيئيّاً 8.9×10^9 هكتار فقط من سطح الأرض في العالم. إن الافتراض بأنه يجب ترك ما لا يقل عن 1.5×10^9 هكتار على حالها لحماية النظم البيئية الداعمة للحياة يترك مساحة أرض منتجة متاحة بشكل غير واقعي تبلغ 7.4×10^9 هكتار فقط للاستخدامات البشرية. حيث يمثل التفاوت في الموارد المتاحة للفرد تناقضات واضحة.

مع ازدياد عدد الأشخاص لكل وحدة مساحة في الوقت الحالي (الكثافة السكانية)، يتقلص توافر الأراضي المحدود في العالم، وهي حقيقة اعترف بها لأول مرة الاقتصادي البريطاني، توماس مالتوس، في عام 1798. الزيادة بنسبة 300 % في حجم سكان العالم من 1.5 بليون في عام 1890 إلى 6 بلايين في عام 1999 قلل من عرض الأرض العالمي للفرد، والذي يجب أن يوفر جميع الوظائف الإنتاجية والوقائية اللازمة لبقاء الفرد ورفاهه، بنسبة 291 %، أي من 90×10^3 م^2 في عام 1890 إلى 23×10^3 م^2 في عام 1999.

لقد صار التغيير البشري لنظام الأرض محسوساً بشكل متزايد في جميع المكونات البيئية مثل الغلاف الجوي والغلاف المائي والمحيط الحيوي والغلاف



الأرضي والغلاف الصخري. وزادت كميات الوقود الأحفوري المستخدمة بشكل جماعي بطريقة غير مسبوقة على المستوى العالمي.



العديد من المكونات الرئيسية لنظام الأرض التي غيّرها البشر وسيطروا عليها، يعبر عنها كنسبة مئوية (من اليسار إلى اليمين) من سطح الأرض المحول، وتركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي الحالي، والمياه العذبة السطحية التي يمكن الوصول إليها، وتثبيت النيتروجين الأرضي، وأنواع النباتات الغازية في كندا، وأنواع الطيور المنقرضة عالميًا في الألفي سنة الماضية، ومصائد الأسماك البحرية الرئيسية التي جرى استغلالها بالكامل، أو الإفراط في استغلالها أو نضوبها.

وقد أوجد هذا الأمر أيضاً تفاوتاً كبيراً بين البلدان المتقدمة والبلدان النامية. وبالتالي، فإن الآثار التراكمية والتآزرية (المتفاعلة) لهذه الاضطرابات المحلية والإقليمية التي يسببها البشر لم تؤد فقط إلى التلوث العابر للحدود للهواء والماء والتربة على المستوى الإقليمي ولكن أيضاً إلى تغير البيئة والمناخ على المستوى العالمي.



تخفي أرقام المتوسط العالمي لحجم السكان وتوافر وجودة الأرض والطاقة والموارد المائية اختلافات إقليمية ومحلية كبيرة في أنواع وشدة وحجم ومعدل الضغوط البشرية وتعرض النظم البيئية لها. مثلاً، قد يحجب هذا التحليل خطر الضغط السكاني في المناطق ذات المناخات شبه القاحلة أو القاحلة على إجمالي كمية المياه المتاحة في طبقات المياه الجوفية ومجاري المياه (ندرة المياه الديموغرافية) والاستغلال المفرط لموارد المياه العذبة (ندرة المياه).

إنّ جزءاً من موارد الأرض التي خصصها البشر (أي الاستيلاء البشري على صافي الإنتاج الأولي HANPP) هو من بين المؤشرات المستخدمة على نطاق واسع (للسيطرة البشرية على النظم البيئية للأرض)، حيث تستحوذ البشرية بالفعل على 40 % من صافي إنتاج الإنتاج الأولي للأرض، و 30 % من صافي الإنتاج الأولي الساحلي الغني.

على الصعيد العالمي، تناسب الأنشطة البشرية بالفعل 54 % من المياه العذبة المتجددة التي يسهل الوصول إليها (12500 كيلومتر مكعب). وقد أثّر تدهور التربة الناجم عن النشاط البشري سلباً في 15 % (1966 مليون هكتار) من سطح الأرض. المدى العالمي لتدهور التربة هو 38 % للأراضي الزراعية، و21 % للمراعي الدائمة، و 18 % للغابات والأراضي الحراجية.

يتراوح معدل الخسارة العالمي للأراضي بسبب التحضر والنقل من 10 إلى 35 مليون هكتار في السنة (نحو 1 %)، ونصفها يأتي من أراضي المحاصيل. من عام 1970 إلى عام 1995، تجاوز معدل استخدام الطاقة بنسبة 2.5 % (وهو يتضاعف كل 30 عاماً) معدل النمو السكاني البالغ 1.7 % (الذي يتضاعف في نحو 40 عاماً).

يربط فيلم (مأساة العموم) لغاريت هاردين (1968) كيف يهدد تزايد عدد السكان واستهلاكهم سبل عيشهم، واستدامة نوعية وكمية خدمات النظام البيئي المملوكة ملكية عامة والتي يعتمد عليها المجتمع البشري العالمي (مثل الغلاف الجوي)، والدورات الهيدرولوجية والرسوبية، والتنوع البيولوجي، وطبقة الأوزون الواقية).

تشمل العواقب البيئية لتزايد عدد السكان والاستهلاك التي تتنافس على قاعدة موارد محدودة، النقص في إنتاج الأغذية البرية والبحرية، والطاقة، والمياه؛ وإزالة الغابات؛ خسائر التنوع البيولوجي والموائل المنتجة؛ تغير المناخ؛ واستنفاد طبقة الأوزون الواقية. تشمل العواقب الاجتماعية والاقتصادية الفقر، واللاجئين البيئيين، والمناطق الحضرية المكتظة، والمشكلات الصحية المتزايدة والجريمة، وصعوبات النقل المزدحمة، وتقويض الشعور بالمجتمع، والتضامن، والتعلق بالطبيعة.

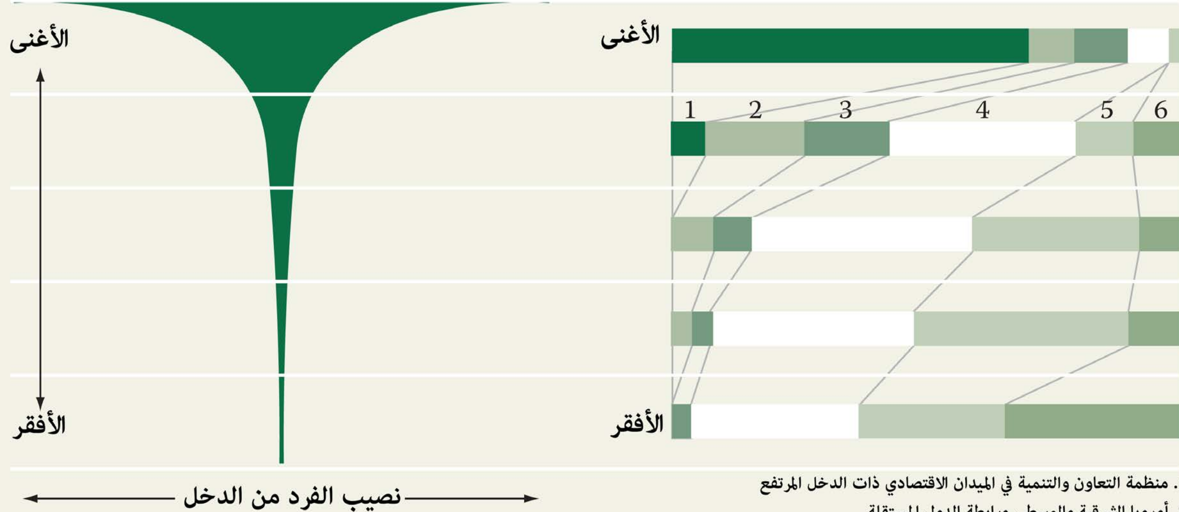
• الوصول غير المتكافئ إلى رأس المال الطبيعي يهدد الأمن العالمي

عامل حيوي آخر لحل المشكلات البيئية في مواجهة الاستخدام غير المتكافئ وغير المستدام للموارد الطبيعية النادرة هو عدالة توزيع الثروة والسلطة. وتنمو الاستخدامات البشرية للموارد الطبيعية النادرة بشكل أسي في شكل زيادة التوسع (المدى المكاني لاستخدام الموارد الطبيعية في وقت معين) والتكثيف (كثافة استخدام الموارد الطبيعية في المكان والزمان).

على الصعيد العالمي، ترافق النمو السكاني السريع مع الاستهلاك المتزايد: زيادة الإنتاج الصناعي بمقدار 50 ضعفاً، وزيادة استهلاك الوقود الأحفوري بمقدار 30 ضعفاً، وزيادة الاقتصاد العالمي بمقدار 20 ضعفاً، وزيادة المياه بمقدار 10 أضعاف. وغالباً ما يشار إلى التأثير التراكمي للنمو في هذه المضاعفات للفرد على أنه النمو الديموري Demophoric growth.

مع زيادة الإنتاج الاقتصادي، لا يزال توزيع الدخل الاقتصادي العالمي مشوهاً لدرجة أن 80 % من سكان العالم يحصلون على دخل أقل من المتوسط. يبلغ متوسط الدخل لأعلى 20 % من سكان العالم نحو 50 ضعف متوسط الدخل لأدنى 20 % من سكان العالم. حصة الدخل العالمي مقسمة إلى خمس شرائح سكانية (20 % في كل منها) تشبه الإعصار، حيث يكون أفقر الأفراد في الأسفل والأغنى في الأعلى.





توزيع الدخل الاقتصادي العالمي. يمتلك خُمس العالم، الذين يعيشون بشكل رئيسي في البلدان الصناعية، الجزء الأكبر من الثروة العالمية.

يحصل أغنى 20 % من السكان على ثلاثة أرباع إجمالي الدخل العالمي، في حين أن أفقر 20 % يحصلون على 1.5 % فقط. أفقر 40 % يكونون نحو من بليوني شخص يعيشون بمتوسط أقل من دولارين في اليوم.

يهدد الاستخدام غير المتكافئ وغير المستدام للموارد الطبيعية النادرة العدالة التوزيعية للثروة والسلطة، مما يضعف بدوره الأمن المشترك للمجتمع العالمي. تشير عدالة توزيع الثروة إلى درجة النمو الاقتصادي غير المتكافئ أو (الفجوة بين الفقر والاستهلاك المفرط)؛ في حين تشير عدالة توزيع السلطة إلى التفاوت المرتبط في وصول الفقراء مقابل الأغنياء إلى عمليات صنع القرار والسياسات.

مثلاً، تشير تقديرات متوسط استخدام الطاقة بين الدول إلى أن مواطناً أمريكيّاً واحداً يستخدم كمية الطاقة نفسها التي يستخدمها 531 إثيوبيّاً. يُعتقد أن نحو ثلاثة أرباع بليون شخص (شخص من كل ثمانية) يعانون الجوع المزمن بسبب الفقر، ليس فقط في البلدان النامية وإنما أيضاً في البلدان المتقدمة.

حتى إذا انخفض الجوع استجابة لزيادة توافر الغذاء والتجارة الدولية في الغذاء، فقد لا ينخفض سوء التغذية بسبب التوزيع الجائر في الصرف الصحي والمياه النظيفة والرعاية الصحية والتعليم.

• لاجئو البيئة

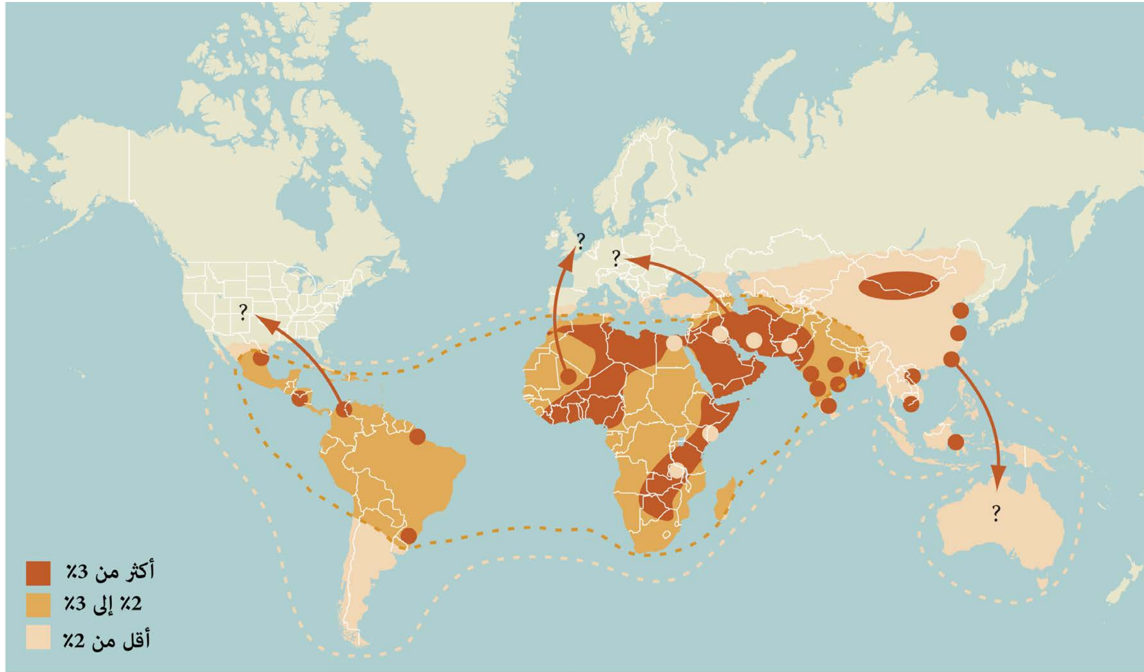
يؤدي النمو السكاني السريع إلى جانب التدهور البيئي والقدرة الطبيعية الحيوية المحدودة لرأس المال الطبيعي إلى تقويض الغذاء والطاقة والأراضي والأمن المالي، لا سِيَّما في البلدان النامية، مما يؤدي إلى تشرد السكان داخليّاً وخارجيّاً يُطلق عليهم اللاجئون البيئيون Environmental Refugees. صاغ هذا المصطلح عصام الحناوي في عام 1985، وهو يصف الأشخاص الذين أُجبروا على مغادرة مواطنهم التقليدية بسبب الاضطرابات البيئية التي عرّضت وجودهم للخطر ونوعية حياتهم.

يمكن أن ينتج اللاجئون البيئيون أساساً عن عاملين مسببين: الاضطرابات الطبيعية (الزلازل، والانفجارات البركانية، والانهيارات الأرضية، والانهيارات الجليدية، والأعاصير، والعواصف، والفيضانات، والجفاف)، والاضطرابات التي يسببها الإنسان (تغير المناخ؛ فقدان المزارع الرئيسية؛ التصحر؛ إزالة الغابات؛



التملح ونضوب طبقات المياه الجوفية والأرصدة السمكية وتلوث الهواء والماء والتربة وإنشاء السدود والطرق والحوادث الصناعية والحروب).

يقدر عدد اللاجئين البيئيين الحاليين بـ 25 مليوناً، بمن فيهم النازحون داخليّاً؛ ومن المتوقع أن يرتفع العدد إلى ما يصل إلى 100 مليون بحلول عام 2050.



السيناريوهات المحتملة لهجرات واسعة النطاق للاجئين البيئيين ناجمة بشكل رئيسي عن النمو السكاني السريع وعدم كفاية إنتاج الغذاء المحلي. تشير النقاط إلى المناطق التي سيزداد فيها عدد السكان بمقدار 100 مليون قبل عام 2025.

تشمل الأمثلة الرئيسية للاجئين البيئيين الناشئين عن الاضطرابات التي يسببها الأشخاص النازحين بشكل مؤقت أو دائم بسبب إزالة الغابات (كما في هايتي)، وتلوث الهواء، مثل المنطقة المعروفة باسم (المثلث الأسود)، الواقعة في جنوب غرب بولندا، والشمال الغربي. جزء من جمهورية التشيك، والجزء



الجنوبي الشرقي من ألمانيا)، التخلص غير السليم من المواد الكيميائية (مثل حادثة لوف كانال Love Canal في نيويورك)، الانبعاثات المشعة (مثل حادثة تشيرنوبيل في الاتحاد السوفيتي السابق)، وانبعاثات الغازات السامة (مثل حادثة بوبال في الهند)، وإنشاءات السدود (كما في باكستان والصين).

• التقييم العام لزيادة الأعداد البشرية

مع أنّ العديد من المهنيين، أفراد وجماعات، قد أكدوا الانفصال بين الأعداد المتزايدة من الأشخاص والتكاليف البيئية، إلا أن الحلول المقترحة لم تحقق سوى نجاح محدود. نلخص مناقشتنا بالاستنتاج الملحوظ في تقرير المجموعة البرلمانية لجميع الأحزاب في المملكة المتحدة حول السكان والتنمية والصحة الإنجابية: عودة عامل النمو السكاني: تأثيره في الأهداف الإنمائية للألفية، الذي يعلن أنه من الصعب أو من المستحيل تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية مع المستويات الحالية للنمو السكاني في البلدان والمناطق الأقل نموًّا.

إن النمو السكاني ليس السبب الوحيد، أو حتى السبب الرئيسي، في نجاح أو فشل الأهداف الإنمائية للألفية، وإنما هو عامل حاسم. يرتبط النمو السكاني وارتفاع معدلات الخصوبة ارتباطاً وثيقاً. في الواقع، في العديد من المناطق، لا يمكن تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية ببساطة دون التركيز بشكل أكبر على إبطاء النمو السكاني، من خلال جعل تنظيم الأسرة الطوعي متاحاً للجميع.

لا يمكن عكس مسار فقدان الموارد البيئية في سياق النمو السكاني السريع أو حتى المعتدل. من الواضح أنه بدون معالجة قضية النمو السكاني وارتفاع

معدلات الخصوبة في أفقر مناطق العالم، فإن فرص تحقيق هذه المناطق ضئيلة.

من المثير للدهشة أنه مع أنّ اتفاق جميع المهنيين مع أهمية تزايد عدد السكان، يبدو أن الغالبية تتخلى عن مواجهة الواقع.

• حلول مشكلة زيادة السكان

1. الحد من الفقر في المقام الأول من خلال التنمية الاقتصادية والتعليم الابتدائي العالمي.
2. رفع وضع المرأة.
3. تشجيع الأسرة على التخطيط والرعاية الصحية الإنجابية.

مشكلة استخدام الأراضي للزراعة

لتلبية حاجتها من الغذاء والألياف، تعتمد البشرية على الإنتاج الأولي والثانوي. تشير الدلائل الأثرية إلى أن الانتقال من الجمع والصيد إلى المجتمع الزراعي قد تطور بشكل مستقل في مناطق عدة حول العالم منذ نحو 12000-10000 سنة نتيجة لتدجين النبات والحيوان. وبالتالي فهو أقدم نشاط تحولي للأرض. خلال تاريخهم، قام البشر بزراعة أو جمع 7000 نوع من النباتات من أجل الغذاء، لكنهم اليوم يعتمدون على 20 نوعاً نباتيّاً فقط لتوفير أكثر من 90 % من غذاء العالم؛ تسهم ثلاثة أنواع فقط: الذرة، والقمح، والأرز، بأكثر من نصف هذا الغذاء.



خريطة توزع المزروعات المفضلة لدى البشر في العالم

1. الوسط الصيني: فاصوليا أدزوكي، ودخن، شوفان، سمسم، فول الصويا.

2. الوسط الهندي: أرز، حمص، قطن أبوريوم، قنب، الدخن، الأرز، قصب السكر، القلقاس، اليام.

2. a. وسط إندومالايان: موز، جوز الهند، اليام، قصب السكر.

3. الوسط الآسيوي المركزي: الحمص، الكتان، العدس، البازلاء، الجاودار، القرطم، السمسم، الخبز، القمح.

4. وسط الشرق الأدنى: البرسيم، الشعير، الحمص، اللاكس، العدس، الميون، المعكرونة، البازلاء، الجاودار، السمسم.

5. وسط البحر الأبيض المتوسط: فول عريض، ملفوف، خس، شوفان مقشر، قمح صلب.

6. وسط إثيوبيا (الحبشة سابقاً): الشعير، الحمص، الكتان، العدس، الدخن، البازلاء، السمسم، التيف، القمح رباعي الصبغ.

7. وسط جنوب المكسيك وأمريكا الوسطى: الفاصوليا والذرة والقطن المرتفعات والقرع، السيزال، القنب.

8. وسط أمريكا الجنوبية (بيرو- إكوادور - بوليفيا): فول ليما، قطن جزيرة البحر، البطاطا، البطاطا الحلوة، التبغ ، الطماطم.

8. a. وسط التشيلي: البطاطا.

8. b. الوسط البرازيلي - الباراغوياني: الكاكاو، المانوك، الفول السوداني، الأناناس، شجرة المطاط.

لقد أدى اختيار ونمو عدد قليل فقط من الأنواع النباتية المرغوبة إلى وجود أنظمة متجانسة مع القليل من التنوع الجيني الطبيعي. وتطلب انتشار هذه الأصناف المستأنسة / المزروعة أو (الأصناف) من مراكزها الأصلية (والتكيف) إلى مناطق ذات ظروف نمو مختلفة تعديلات متعددة على البيئة - الحرث والري والأسمدة والمبيدات الحيوية ومواعيد البذر - والتلاعب بالتركيب الجيني للأنواع النباتية.

على الصعيد العالمي، على أساس المادة الجافة، يوجد 16 محصولاً فقط تمثل (92 %) من الغذاء الذي يستهلكه الإنسان اليوم؛ ويجري تغذية نحو 40 % من الحبوب للحيوانات الأليفة.

• الزراعة التقليدية والزراعة الصناعية

يوجد نوعان رئيسيان من الزراعة: التقليدية والصناعية. النظم الزراعية التقليدية (التي تمارس في الغالب في البلدان النامية) هي أكثر كثافة للأيدي العاملة والأراضي وتتكون من أربعة أنواع رئيسية: الزراعة متعددة الأنواع، وزراعة الكفاف، والزراعة المتنقلة، والرعي البدوي.

في الزراعة متعددة الأنواع، يجري زراعة العديد من المحاصيل التي تتغذى بشكل متبادل (مثلاً نباتات تثبيت النيتروجين) أو تلك التي تظهر استخدامات متوافقة مع بعضها البعض (مثل أنظمة الجذر) في وقت واحد، في الغالب في النظم الزراعية التقليدية.

تشير زراعة الكفاف إلى إنتاج ما يكفي من الغذاء لإطعام الأسر الزراعية بقليل من المتبقي لبيعه للحصول على دخل أو الاحتفاظ به في الاحتياطيات للأوقات الصعبة.

تعد الزراعة المتغيرة (وتسمى أيضاً زراعة القطع والحرق) شائعة في مناطق الغابات الاستوائية. وهي تنطوي على قطع الغابات وحرقها، وزراعة الأرض لبضع سنوات حتى تستنفد خصوبة التربة، ثم التخلي عن المنطقة والمضي قدمًا لإزالة رقعة حراجية أخرى للزراعة. الزراعة المتغيرة تجعل المناطق المطهرة والمهجورة

عرضة لتآكل التربة الشديد، مما يؤدي في النهاية إلى فقدان قدرتها على التجدد بشكل دائم. هذه الممارسة تجعل الملايين من الناس (لاجئين بيئيين).

ويحدث الرعي البدوي حيث تكون ظروف الأرض غير مواتية لدعم المحاصيل لنمو الماشية، وبالتالي يجب على الرعاة البحث باستمرار عن العلف عن طريق نقل حيواناتهم.

أما الزراعة الصناعية فهي تعتمد على مدخلات عالية من طاقة الوقود الأحفوري والمياه والأسمدة ومبيدات الآفات لإنتاج غلات عالية من المحاصيل الفردية (الزراعة الأحادية) لكل وحدة مساحة من الأراضي الزراعية. تتراوح النظم الزراعية الصناعية من مزارع الهوايات إلى المزارع التجارية وتحدث في الغالب حيث يستطيع المزارعون الميسورون تحمل تكلفة طاقة الوقود الأحفوري والأسمدة والمبيدات الحشرية والبذور المطلوبة.

مدخـــلات الطاقـــة في الزراعـــة

كيف تم تحقيق هذا النجاح؟ تكمن الإجابة في تطبيق استراتيجيات متعددة، لكل منها مزاياها وعيوبها كما نعلم حالياً. مكنت المكننة الزراعية من العمل على مساحات من الأرض أكبر مما كان ممكناً مع عمل البشر والخيول. وشملت هذه الحراثة، والبذر، واستخدام الأسمدة والمبيدات الحيوية، والري، والحصاد. جرى الاهتمام أيضاً بتجهيز الأغذية وتعبئتها ونقلها حتى لا تضيع بقية الحقول.

أُحضرت أصناف نباتية محسنة وعالية الإنتاجية إلى المزرعة بمجرد إنتاجها من قِبل الباحثين. ولكن مع وجود كل هذه الأمور في مكانها الصحيح، ارتفع دعم الطاقة وانخفضت مدخلات العمالة البشرية. تتراوح مدخلات الطاقة في الزراعة الأمريكية، من الحرث والبذر إلى المائدة، ما بين 18 و 20 % من إجمالي ميزانية الطاقة الوطنية. العديد من هذه العمليات كثيفة الاستهلاك للطاقة، كما يتضح من ميزانية طاقة إنتاج الذرة.

• الثـــورة الخضـــراء

يشار إلى تطوير وانتشار الأصناف عالية الغلة والمحتوى المغذي للمحاصيل خلال الستينيات (بالثورة الخضراء) برعاية مؤسستي روكفلر وفورد منذ عام 1943، المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح في المكسيك، تحت قيادة العالم الزراعي نورمان بورلوغ الذي طوّر (سلالات معجزة)، مثل أصناف عالية الغلة من القمح والأرز مع محتوى بروتين أعلى والبطاطس والفاصولياء المقاومة للأمراض. حصل بورلوغ على جائزة نوبل عام 1970.



تبلغ نسبة السعرات الحرارية المستهلكة في جميع أنحاء العالم 23 % (أرز) و 17 % (قمح) و 9 % (ذرة). جرى تعديل الأرز عالي الإنتاجية وراثيّاً وظاهريّاً لتعزيز مصانع إنتاج الحبوب.



نبات طويل الساق



نبات محسّن عالي الغلة



نمط إيديو منخفض الحراثة (نوع نباتي جديد)

أنواع محسنة من الأرز توضح دور التعديل الوراثي في الثورة الخضراء. لاحظ الاختلافات في الجذور والسيقان والنورات من النوع التقليدي إلى النوع الجديد.

تستمر أبحاث تطوير الأرز في جوانب مثل:

1. استجابة النيتروجين. أظهرت الأصناف التقليدية زيادة أولية في الإخصاب بالنيتروجين، تلاها انخفاض كبير. وجرى تربية الأصناف لإظهار زيادة الغلة مع زيادة تطبيقات النيتروجين.
2. استجابة دورية ضوئية. تنضج الأصناف التقليدية (مثل بيتا) في نحو 180 يوماً. جرى تربية الأصناف لتنضج في 95 يوماً، مما يسمح بحصاد متعدد في السنة.

3. مقاومة الأمراض. حيث جرى تربية الأصناف للتغلب على: (1) فيروس التقزم العشبي، (2) فيروس تونغرو Tungro (حوريات النطاط البني)، (3) اللفحة البكتيرية، و (4) حفارات الساق.

4. التعديلات المعدلة وراثيّاً. حيث جرى تربية الأصناف التي تقاوم حفّار الساق والجفاف والغمر والملوحة العالية للتربة.

5. الأصناف المعدلة وراثيّاً (الهندسة الوراثية). جرى تطويرها للتغلب على نقص فيتامين A البشري عن طريق إدخال بيتا كاروتين لتخليق فيتامين A في سويداء الأرز (الأرز الذهبي).

6. إجراء تجارب على أصناف للتغلب على نقص الحديد البشري.

7. البحث جار لتحويل الأرز من C3 الضوئي إلى وضع C4.

مع أن الثورة الخضراء قد عززت إنتاج الغذاء لكل هكتار من الأراضي الزراعية في الغالب في آسيا ودول أمريكا اللاتينية، فقد أدى تكثيف الإنتاج الزراعي هناك إلى زيادة استخدام الأسمدة ومبيدات الآفات والآلات الآلية والوقود الأحفوري والبذور باهظة الثمن والزيادة المصاحبة في فقدان التنوع الجيني وتنوع الأنواع، بالإضافة إلى زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

• تضارب استخدام الأراضي

التوسع والتنافس في الاستخدامات البشرية للأراضي وموارد المياه (مثل الأنشطة الصناعية الحضرية، والنقل، والأراضي الزراعية، والمراعي، والغابات،

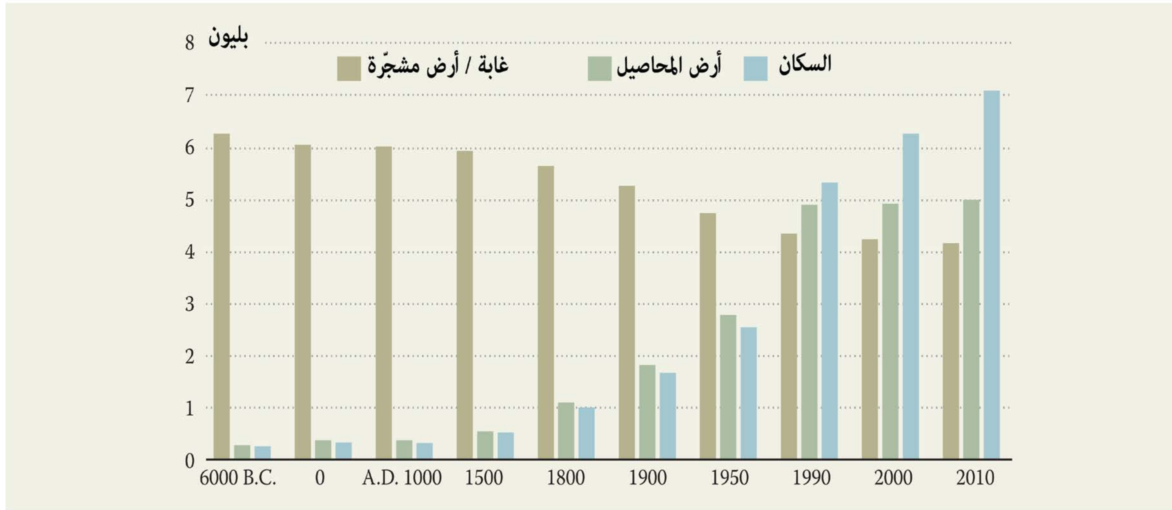
ومصائد الأسماك، والحفاظ على الطبيعة) يمكن أن يؤثر سلباً في البنية (التنوع البيولوجي وتوزيع الأنواع والوفرة) والوظيفة (تبادل الطاقة والمواد والمياه والأنواع) للنظم البيئية المجاورة؛ وهذا ما يسمى بنزاعات استخدام الأراضي. يشير الغطاء الأرضي إلى المظهر الطبيعي الحيوي ونوع الغطاء النباتي الموجود على سطح الأرض، مثل الغابات والزراعة والأراضي العشبية والأراضي القاحلة.

يصف تغيير الغطاء الأرضي الاختلافات في المنطقة التي تشغلها أنواع الغطاء وكذلك تجزئة (التحولات في التباعد) لأنواع الغطاء النباتي عبر المناظر الطبيعية بمرور الوقت. يشير مستخدمو الأرض إلى تحويل الأرض من حالتها الأصلية إلى استخدام جديد (مثلاً إزالة الأشجار للأغراض الزراعية أو الرعي)، أو التحول إلى الأراضي الزراعية لاستخدامات أخرى (مثل مراكز التسوق). مثلاً يمكن استخدام مكان فيه غطاء حراجي للإسكان منخفض الكثافة أو قطع الأشجار أو الترفيه، مما قد يتسبب في حدوث صراع بين مجموعات المستخدمين البشرية المختلفة. يشمل مصطلح تغيير استخدام الأراضي الاختلافات في الاستخدامات البشرية للأرض بمرور الوقت.

تحدث التغييرات الكمية بين استخدامات الأراضي إما بشكل لا رجعة فيه كخسائر في النظم البيئية وإما بشكل عكسي كتحويلات من نوع نظام إيكولوجي إلى آخر. مثلاً تشير التقديرات إلى أن المساحة العالمية للأراضي الزراعية قد توسعت من نحو 320 مليون هكتار في عام 1850 إلى 1360 مليون هكتار في عام 1990. استجابة لحجم السكان المتزايد في العالم، بلغ التوسع في الأراضي المخصصة للزراعة 4.87 بليون هكتار في عام 1994، تتجاوز الحدود المادية للأراضي الصالحة للزراعة المناسبة بيئيّاً، التي تبلغ 3.3 بليون هكتار.



أدى استمرار التوسع الزراعي خارج حدوده المادية إلى تحويل الغابات والأراضي العشبية والأراضي الرطبة ومناطق الحفاظ على الطبيعة إلى أراضي المحاصيل وتجزئة الموائل المتبقية.



التغيرات التاريخية والمتوقعة في استخدام الأراضي (بالهكتارات) والسكان؛ لم يُرسم التسلسل الزمني على نطاق واسع.

على مدى 140 عاماً منذ عام 1860، جرى إزالة نحو 730 مليون هكتار من الأراضي الزراعية والمراعي من الغابات (انخفاض بنسبة 17 %) والأراضي الحراجية، وجرى تحويل ما يقرب من 500 مليون هكتار من الأراضي العشبية وغيرها من النظم البيئية غير الحراجية إلى أراضي المحاصيل، مع خسارة معظمها تحدث في المناطق الاستوائية. كما بلغت مساحة الأراضي الزراعية في الولايات المتحدة ذروتها عند نحو 500 مليون فدان في الأربعينيات - بزيادة قدرها 400 % منذ عام 1850 - ثم انخفضت بعد ذلك إلى 400 مليون فدان بحلول عام 2000.

تشكل خسائر الأراضي الزراعية الرئيسية (المنتجة) بسبب التوسع في القطاعات السكنية والتجارية والصناعية وقطاعات النقل تهديدات مُهمَّة تزعزع التوازن بين الإمدادات الغذائية والطلبات البشرية على المستويات المحلية والإقليمية والعالمية.

وعلى العكس من ذلك، فإن خسائر الأراضي الرطبة في الأراضي الزراعية والتحولات من الأراضي العشبية والغابات والمناطق الطبيعية تزيد من فقدان التنوع البيولوجي وانبعاث غازات الدفيئة المحتجزة في بِرك التربة والغطاء النباتي إلى الغلاف الجوي، فضلاً عن تعديل النظم الهيدرولوجية والمُناخ المحلي للمنطقة.

تحدث التغييرات النوعية عندما تكون استخدامات الأراضي المجاورة وممارسات الإدارة داخل استخدامات الأراضي غير متوافقة بيئيّاً، وبالتالي يكون لها تأثيرات سلبية خارج الموقع وفي الموقع على بنية ووظيفة النظم البيئية. مثلاً في العديد من المناطق شبه القاحلة والجافة من العالم (مثل غرب أمريكا الشمالية وأفريقيا والشرق الأوسط وأستراليا وآسيا الوسطى)، يمكن للصناعات كثيفة الاستخدام للمياه (مثل مصانع التعدين والنسيج) أن تستنفد المياه أو تلوث إمدادات منطقة زراعية. على العكس من ذلك، يمكن للأراضي الزراعية المروية أن تقلل من جودة وتوافر المياه اللازمة لدعم التنوع البيولوجي في مناطق الحياة البرية المحيطة.

• تزايـــد الزراعـــات الأحاديـــة

يؤدي تبسيط وتجانس النظم الإيكولوجية الزراعية بجعلها زراعة أحادية إلى فقدان التنوع البيولوجي، وبالتالي ارتفاع معدلات الإصابة بالأمراض والآفات لأن الإنتاجية المستدامة واستقرار هذه النظم الإيكولوجية يعتمدان على التنوع البيولوجي والنظام البيئي.

ينص معهد المراقبة العالمية على حدوث معدل ينذر بالخطر من الانخفاض في عدد الأنواع المختلفة من المحاصيل المزروعة في جميع أنحاء العالم. مثلاً انخفضت أصناف القمح المزروعة في الصين من 10000 في عام 1949 إلى 1000 بحلول السبعينيات؛ أكثر من 90 % من أصناف البازلاء والملفوف، و81 % من أصناف الطماطم المزروعة في الولايات المتحدة عام 1904 لم تعد مزروعة، ولم يجرِ تخزين أي بذور من هذه الأصناف لاستخدامها في المستقبل.

فقط 20 % من أصناف الذرة التي تزرع في المكسيك قبل 60 عاماً لا تزال قيد الزراعة. لا يقتصر الأمر على كون الزراعة الأحادية أكثر عرضة للأمراض والآفات، ولكن فقدان الأصناف يعني عدم توفر مجموعات فريدة من الجينات لتحسين السلالات المزروعة حالياً.

• اســـتدامة دعم الطاقـــة

صار التكثيف الزراعي منذ الثورة الخضراء في الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي وقوداً أحفورياً كثيفاً (طاقة) بسبب زيادة مدخلات الأسمدة

الصناعية والمبيدات الحيوية (مبيدات الحشرات ومبيدات الأعشاب ومبيدات الفطريات) ومياه الري التي تسهم في تغير المناخ العالمي. يمكن للحكومات في جميع أنحاء العالم إلغاء ما يقدر بنحو 700 بليون دولار من الإعانات السنوية التي تحفز على تدمير سلع وخدمات النظام البيئي. مثلاً، أنفقت إندونيسيا 150 مليون دولار سنويّاً لدعم استخدام مبيدات الآفات في حقول الأرز في منتصف الثمانينيات، مما أدى إلى تسمم البشر والحياة البرية في شبكة الغذاء؛ وقد أنهت الدولة الدعم في عام 1986 دون أي آثار سيئة على إنتاج الأرز.

تبلغ الطاقة المشتقة من الوقود الأحفوري المستخدمة في ضخ مياه الري انبعاثات سنوية 81-305 غرام CO_2/ م^2 (22–83 غرام/ سم^2) ($C = 3.67\ CO_2$) للأراضي الزراعية المروية في الولايات المتحدة. علاوة على ذلك، ونظراً لارتفاع نسبة الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون في المياه الجوفية في المناطق القاحلة (بقدر 1% من الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون مقابل 0.036 % في الغلاف الجوي)، فإن استخدام هذه المياه للري الزراعي في الأراضي القاحلة سيطلق 8.4–15 غرام سم^3/ سنة إلى الغلاف الجوي من تكوين كربونات التربة ($CaCO_3$).

في سلسلة التصنيع والنقل والاستهلاك بكاملها، تولد صناعة الأسمدة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي تبلغ 1.436 مول من ثاني أكسيد الكربون – الكربون لكل مول من النتروجين N المُنتج. تشمل الانبعاثات من صناعة الأسمدة ثاني أكسيد الكربون، والأمونيا NH3، أكاسيد النيتريك والنيتروز (NOx و N2O)، وكبريتيد الهيدروجين (H2S)، وثاني أكسيد الكبريت (SO2)، وثالث أكسيد الكبريت (SO3)، والفلور (SiF4 وHF)، والإشعاع (من جبس الفوسفات). إنها تسبب الاحتباس الحراري، ونضوب الأوزون، وتحمّض التربة،



ونضوب الأكسجين في الماء (بسبب فرط المغذيات)، والسمية للكائنات (مثل الكادميوم)، والهباء الجوي.

يعتمد أكثر من 99 % من إنتاج الأسمدة العالمية النتروجينية على الأمونيا (NH_3)، ويعتمد نحو 77 % من الطاقة الإنتاجية العالمية للأمونيا حالياً على عملية كيميائية تستخدم الغاز الطبيعي (الميثان) كمخزون تغذية. تنبعث هذه الطريقة من إنتاج NH_3 1.15-1.3 طن من ثاني أكسيد الكربون و1.3 كغ من NO_2 و0.01 كغ من SO_2 لكل طن من NH_3 المنتج.

يعتبر إنتاج الأسمدة مكلفاً من حيث الطاقة، حيث يستهلك الإنتاج العالمي الحالي 4.4 بليون غيغا جول في السنة (نحو 1.2 % من الطاقة العالمية)، منها 92.5 % تستخدم للأكسجين، 3 % لـ P_2O_5، و4.5 % لـ K_2O)، باستثناء استهلاك الطاقة الناجم عن نقل الأسمدة واستخدامها.

• المبيدات الحيوية: الاستخدام والآثار الصحية

المبيدات الحيوية هي مواد كيميائية لقتل الكائنات الحية من جميع الأنواع التي نعتبرها غير مرغوب فيها (آفات) بسبب تدخلنا في التنظيم الطبيعي والتحكم في السكان في النظم البيئية الزراعية والحضرية والصناعية.

تشمل المبيدات الحيوية مبيدات الفطريات (قاتلات الفطريات) ومبيدات الأعشاب (قاتلات النباتات) والمبيدات الحشرية (قاتلات الحشرات) ومبيدات القوارض (قاتلات الفئران والجرذان) وما إلى ذلك. تستخدم هذه المواد






الكيميائية غير العضوية والعضوية في الغالب في الإنتاج الزراعي للتعويض عن الوظيفة الطبيعية والتنوع البيولوجي. يمكن أن تستمر في البيئة لعقود عديدة وتتضخم أضعافاً مضاعفة في التركيز على أساس علاقات شبكة الغذاء بين البشر والنباتات والحيوانات، وبالتالي الإضرار بصحة البشر والأنواع الأخرى.

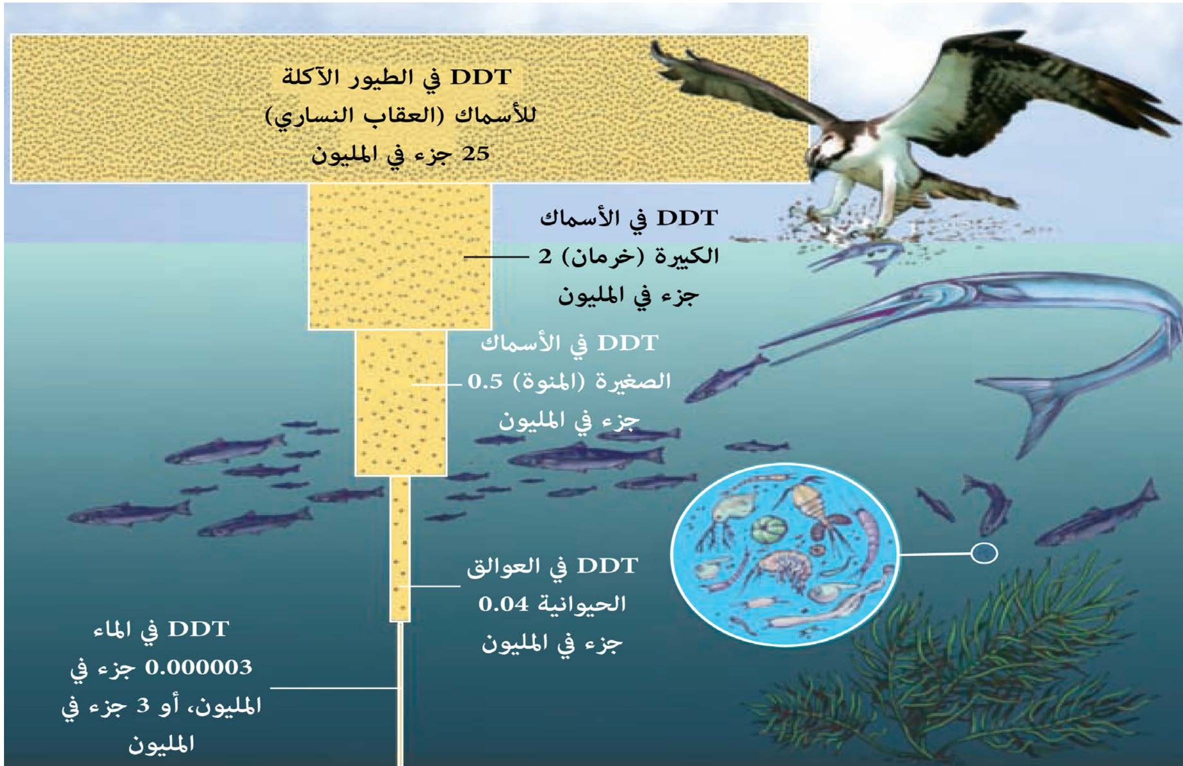
حتى الأربعينيات من القرن الماضي، كانت العناصر والمركبات التي تحدث بشكل طبيعي تُستخدم لردع استهلاك المحاصيل وإتلافها بوساطة الآفات.

تضمنت هذه المركبات مركبات مثل الزرنيخ والرصاص والزئبق والمركبات ذات خصائص الإبادة للحشرات والتي جرى استخلاصها من نباتات أخرى (مثل الكوكايين من أوراق الكاكاو، ومستخلصات النيكوتين من أوراق التبغ، والبيريثروم من أزهار الأقحوان). يشار إلى هذه أيضاً باسم مبيدات الآفات من الجيل الأول. مع أنّ بعض المركبات تتحلل بمرور الوقت (قابلة للتحلل)، فإن البعض الآخر لا يتحلل (غير قابل للتحلل). والمبيدات التي لا تتحلل يتراكم من خلال السلسلة الغذائية (التركيز البيولوجي والتضخم الأحيائي).

بدأ الجيل الثاني من مبيدات الآفات عندما بدأ الكيميائي غايغي بأول مولر Geigy Paul Müller التجارب باستخدام مبيد حشري صناعي DDT (ثنائي كلورو ثنائي الفينيل - ثلاثي كلورو الإيثان) لمكافحة خنفساء البطاطس في سويسرا. وجرى استخدام مادة الـ DDT في وقت لاحق للقضاء على سوسة القطن والحشرات الأخرى، ولهذا حصل بول مولر على جائزة نوبل في الكيمياء عام 1948.

وهكذا بدأ عصر الجيل الثاني من مبيدات الآفات، الذي تميز باستخدام مادة الـ DDT وأقاربها، وهي مواد غير قابلة للتحلل الحيوي، لذلك تتراكم في البيئة. حالياً، تستخدم 3 ملايين طن من المبيدات الحيوية التي تحوي على

نحو 1600 مادة كيميائية مختلفة سنوياً في جميع أنحاء العالم. ومع ذلك، فإن استخدام المبيدات الحيوية غير فعَّال جدّاً لأن 0.1 % فقط من مبيدات الآفات المطبقة في الواقع – كما تشير التقديرات- تصل إلى الآفات المستهدفة، مما يتسبب في تدمير 99.9 % المتبقية للبيئة.



DDT مادة كيميائية تذوب في الدهون ويمكن أن تتراكم في الأنسجة الدهنية للحيوانات. في السلسلة الغذائية أو الشبكة، يتم تضخيم مادة الـ DDT المتراكمة بيولوجياً في أجسام الحيوانات عند كل مستوى غذائي أعلى. لقد جرى تضخيم تركيز الـ DDT في الأنسجة الدهنية للكائنات نحو 10 ملايين مرة في هذه السلسلة الغذائية في مصب نهر بالقُرب من لونغ آيلاند ساوند في ولاية نيويورك الأمريكية. إذا كان كل كائن حي من العوالق النباتية يأخذ ويحتفظ بوحدة واحدة من الـ DDT، فإن السمكة الصغيرة التي تأكل آلاف العوالق الحيوانية (التي تتغذى على العوالق النباتية) ستخزن آلاف الوحدات من الـ DDT في أنسجتها الدهنية. كل سمكة كبيرة تأكل عشرة من الأسماك الصغيرة سوف تبتلع وتخزن عشرات الآلاف من الوحدات، وكل طائر أو (إنسان) يأكل أسماكاً كبيرة عدة سيبتلع مئات الآلاف من الوحدات.



تعتبر المبيدات الحيوية غير فعَّالة لأن ما يقرب من 40 % من الأغذية المزروعة في جميع أنحاء العالم تُفقد بسبب الآفات والأمراض. مع أنّ استخدام المبيدات الحشرية زاد بمقدار عشرة أضعاف في الولايات المتحدة من عام 1945 إلى عام 1989، فقد تضاعف إجمالي خسائر المحاصيل من أضرار الحشرات تقريباً من 7 إلى 13 %. تسبب نحو مليون حشرة معروفة نحو 90 % من الأضرار التي تلحق بالمحاصيل الغذائية (تشير بعض التقديرات إلى أن 10 كوينتيليون (10^{18}) حشرة تعيش على الأرض في أي وقت). وتقدر منظمة الصحة العالمية (WHO) أن مبيدات الآفات تسمم نحو مليون شخص كل عام، وتتسبب في وفاة ما يصل إلى 20000 شخص.

خلال العقد الماضي، شكّل استخدام مبيدات الآفات الزراعية 80-75 % من إجمالي الاستخدام في الولايات المتحدة؛ وجرى استخدام الباقي في مكافحة الآفات الحضرية والطرق والمناظر الطبيعية والغابات. ويستخدم ربع المبيدات المستخدمة في الولايات المتحدة في ولاية كاليفورنيا، مع أنّ الأراضي المزروعة في كاليفورنيا لا تمثل سوى 2 - 3 % من إجمالي استخدام المبيدات في الولايات المتحدة. ووفقاً لشبكة Pesticide Action Network، فإن نحو ثلث إجمالي مبيدات الآفات المستخدمة في كاليفورنيا في أي سنة معينة سامة للإنسان كسموم فورية (حادَّة) و / أو سموم مزمنة، بما في ذلك المواد المسرطنة، والمواد السامة الإنجابية أو النمائية، والسموم العصبية، أو ملوثات المياه الجوفية.

زادت كثافة استخدام مبيدات الآفات المبلغ عنها (المكونات النشطة المطبقة لكل وحدة زمنية ومساحة) في كاليفورنيا بنسبة 60 % من 16.1 كغ / هكتار في عام 1991 إلى 25.7 كغ / هكتار في عام 1998، مع زيادة إجمالية قدرها 51 % في الكمية من 58.5×10^3 إلى 88.4×10^3 طن متري خلال الفترة نفسها.

تشمل أكثر مبيدات الآفات سمية المستخدمة في كاليفورنيا السموم الحادَّة (مثلاً، مواد التبخير وبروميد الميثيل والكلوروبكرين وفلوريد السلفوريل)، والمواد المسرطنة (مثلاً، مبخرات التربة، وصوديوم ميتام، وتيلون)، والمواد السامة الإنجابية أو التطورية (مثلاً، التربة ومواد التبخير وبروميد الميثيل وميتام الصوديوم) والسموم العصبية (مثل الفوسفات العضوي والكربامات) وملوثات المياه الجوفية (مثل مبيدات الأعشاب للديورون والنورفلورازون ومبيدات الألديكارب الحشرية).

أدت زيادة استخدام مبيدات الآفات المسببة للسرطان بنسبة 127 % إلى زيادة متزامنة في حالات الإصابة بالسرطان المصححة بالعمر في كاليفورنيا خلال فترة الثماني سنوات هذه (بما في ذلك سرطان الدم لدى الأطفال، وأورام الدماغ، وسرطان الغدد الليمفاوية اللاهودجكينية، وسرطان الخصية، وبعض أشكال السرطان مثل سرطان الثدي).

ارتفع إجمالي استخدام مبيدات الآفات الأكثر سمية بنسبة 44 % من 22.9 ألف طن عام 1991 إلى 32.9 ألف طن عام 1995، لكنه انخفض بنسبة 12 % إلى 29 ألف طن عام 1998 بسبب انخفاض استخدام مبيدات التربة وبروميد الميثيل وميتام الصوديوم والضغوط التنظيمية والعامة من المخاوف الصحية. تشمل مبيدات الآفات المتبقية المستخدمة في كاليفورنيا مبيدات الفطريات الكبريت (المسؤولة عن معظم حالات تسمم عمال المزارع)، وزيوت البترول كمبيدات حشرية، وملوثات الهواء الرئيسية، ومبيدات الآفات المسببة لاضطرابات الغدد الصماء.

إنّ المواد الكيميائية المسببة لاضطرابات الغدد الصماء (المعروفة أيضاً باسم المواد الكيميائية المسببة لاضطرابات الهرمونات) هي مجموعة من المواد

الكيميائية القادرة على محاكاة أو تعديل عمل الهرمونات الطبيعية للكائنات الحية. وقد صار الناس قلقين بشكل متزايد بشأن الآثار الإنجابية والإنمائية الضارة المحتملة للمواد الكيميائية المخلّة بعمل الغدد الصماء على البشر والحياة البرية.

تشمل النتائج السلبية على الصحة الإنجابية والنمائية للإنسان التي جرى ربطها بهذه العوامل سرطانات الثدي والمبيض وسرطان بطانة الرحم، والعقم. واستغراق وقت طويل للحمل، وزيادة معدلات الإجهاض التلقائي، وانخفاض نسب المواليد من الذكور إلى الإناث، وزيادة سرطان الخصية عند الشباب، وزيادة سرطان البروستاتا. وانخفاض جودة السائل المنوي، وزيادة تواتر التهاب الخصية، والبلوغ المبكر. ويتضح تنوع استجابات الحياة البرية المنسوبة إلى المواد الكيميائية المعيقة لعمل الغدد الصماء في الأنواع التي تعيش في مناطق ملوثة على نطاق واسع بالمواد الكيميائية.

توجد حالياً معاهدة عالمية هي اتفاقية ستوكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة (POPs). تنص هذه الاتفاقية على أن (الملوثات العضوية الثابتة هي مواد كيميائية تبقى سليمة في البيئة لفترات طويلة، وتنتشر على نطاق واسع جغرافيّاً، وتتراكم في الأنسجة الدهنية للكائنات الحية وتكون سامة للإنسان والحياة البرية). تستهدف الاتفاقية (العشرة القذرة)، والتي تشمل:

- بعض المبيدات الحشرية، مثل الـ DDT والكلوردان، التي كانت تستخدم في السابق بشكل شائع لمكافحة الآفات في الزراعة ومواد البناء، وكذلك لحماية الصحة العامة وتعتبر حالياً من الملوثات العضوية الثابتة.

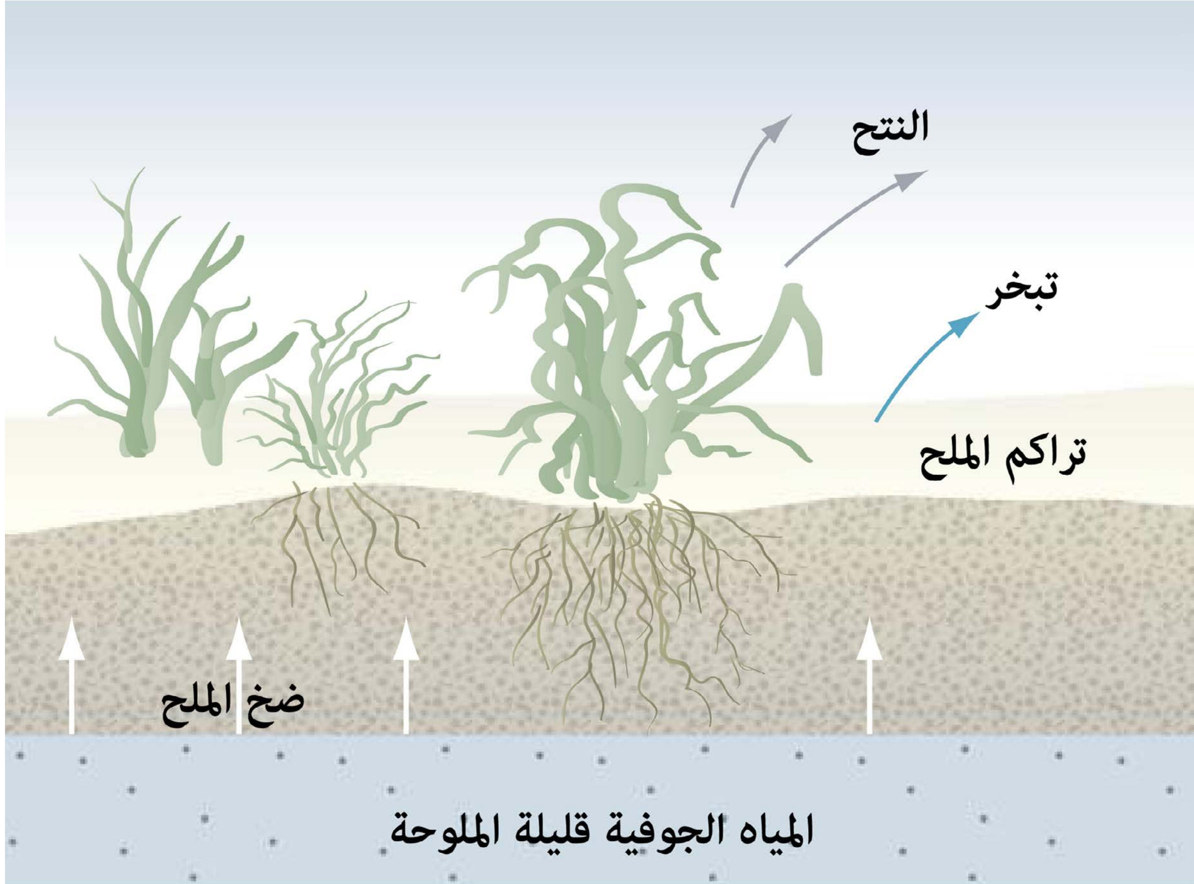
- مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور، التي استخدمت في مئات التطبيقات التجارية، مثل المعدات الكهربائية، ونقل الحرارة، والمعدات الهيدروليكية، وكمواد ملدنة في الدهانات، والبلاستيك، ومنتجات المطاط.
- بعض المنتجات الثانوية الكيميائية، مثل الديوكسينات والفيوران، التي يتم إنتاجها عن غير قصد من معظم أشكال الاحتراق، بما في ذلك محارق النفايات البلدية والطبية، وحرق القمامة في الهواء الطلق، والعمليات الصناعية.

جرى التصديق على هذه المعاهدة من قِبل الولايات المتحدة في 23 مايو 2001.

• تعطيل الدورات البيوجيوكيميائية

1. التملح

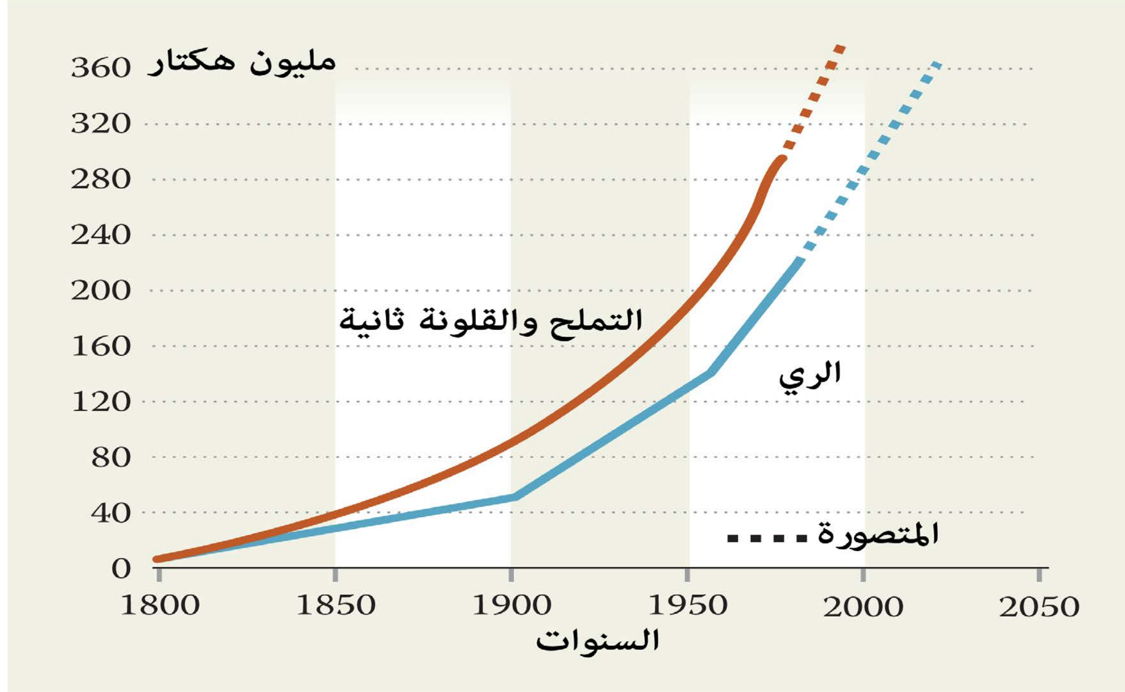
يُعد التراكم البشري للأملاح الذائبة (القابلة للذوبان) في التربة (المعروفة بالملوحة الثانوية) مصدر قلق كبير، لا سِيَّما في المناطق القاحلة وشبه القاحلة من العالم، حيث يؤدي إلى إزالة الغطاء النباتي إلى جانب عدم كفاية الترشيح والتصريف وتخفيف أملاح النظام الهيدرولوجي. يؤدي المحتوى المرتفع من الأملاح الذائبة (مثل كلوريدات وكبريتات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم) في مياه الري إلى جانب معدلات التبخر العالية إلى تملح / قلوية بمرور الوقت تصل في النهاية إلى مستويات ضارة بنمو النبات.



عملية التشبع بالمياه والتملح.

ينتج عن تراكم الملح بالقُرْب من سطح التربة نوعان رئيسيان من التربة المتأثرة بالملح، حيث تؤدي كربونات الصوديوم والبيكربونات إلى تربة قلوية (سوديك)، بينما يؤدي كلوريد الصوديوم وكبريتات الصوديوم إلى تربة مالحة. مع زيادة الزراعة المروية، يزداد التملح والقلوية بفعل الإنسان، مما يؤثر سلباً في نحو 20 % من الأراضي المروية و77 مليون هكتار في جميع أنحاء العالم، وينتشر هذا بمعدل يصل إلى 2 مليون هكتار في السنة.





التنمية العالمية للري والتملح الثانوي للتربة.

يمكن أن يتسبب الجريان السطحي والترشيح من التربة المالحة في زيادة مستويات التملح في موارد المياه السطحية والجوفية. في أراضي المحاصيل البعلية، حيث يكون هطول الأمطار مرتفعًا بما يكفي لزراعة المحاصيل مع القليل من الري الإضافي أو بدونه، يؤدي عدم وجود أنظمة صرف مناسبة إلى ارتفاع منسوب المياه الجوفية والتشبع بالمياه (المعروف أحيانًا باسم الصحاري الرطبة).

يتغذى بحر آرال، الذي كان في يوم من الأيام رابع أكبر مسطح مائي داخلي في العالم، من التدفقات السنوية نحو 50 كيلومترًا مكعبًا من نهري أمو داريا وسير داريا، إلا أنه يوضح العواقب البيئية للإفراط في الري والري غير الفعَّال.



منذ عام 1960، أدى ري إنتاج القطن والأرز في كازاخستان وأوزبكستان إلى تقليل المساحة السطحية لبحر آرال بنحو 50 % وحجمه بنسبة 75 %، أي أكثر من ثلاثة أضعاف في 33 عاماً فقط. وقد أدى ذلك إلى التشبع بالمياه والتملح وخسائر في صناعة الصيد والأراضي المنتجة بسبب الأملاح المنبعثة من قاع البحر السابق.

2. حت التربة

يمكن أن يحدث حت التربة Erosion إما بشكل طبيعي وإما بسبب بشري عن طريق العوامل الرئيسية للمياه والرياح. إنّ تآكل التربة الطبيعي (الجيولوجي) هو عملية طويلة الأمد تتسبب في اهتراء الجبال وتبني السهول والدلتا خلال ملايين السنين. تعمل الأنشطة البشرية، مثل إزالة الغطاء النباتي، والرعي الجائر، والبناء، والحراثة التقليدية، على تسريع معدل إزالة مكونات التربة، وبخاصة القمامة السطحية والتربة السطحية، من مواقعها الأصلية، ونقلها، وترسبها في نهاية المطاف في موقع جديد.

يوجد ثلاثة أنواع من التعرية المائية: تآكل الصفيحة، وتآكل الجدر، وتآكل الأخاديد. يُعرف فقدان طبقات موحدة نسبيّاً من التربة السطحية عن طريق التدفق الواسع للمياه السطحية أسفل منحدر أو عبر حقل باسم تآكل الصفيحة. ويحدث تآكل الجدر عندما تشكل المياه السطحية تيارات صغيرة سريعة التدفق تسبب قنوات ضحلة وضيقة في التربة. في حين أن تآكل الأخاديد هو الشكل الأكثر شدة لتعرية الجدر حيث تحفر جداول ضخمة من المياه سريعة التدفق قنوات أعمق وأوسع في التربة حتى تصير خنادق وأخاديد.



تعد الممارسات الزراعية الحديثة مسؤولة عن 29 % من إجمالي تدهور التربة بفعل الإنسان (1965 مليون هكتار) وقد أدت إلى تدهور 38 % من إجمالي الأراضي الزراعية (1475 مليون هكتار) على النطاق العالمي. تشمل أنواع تدهور التربة التعرية بفعل المياه والرياح، والتدهور الكيميائي (مثلاً، فقدان المواد العضوية في التربة والمغذيات، والتملح، والتلوث، والتحمض)، والتدهور الفيزيائي (مثل الضغط والتشبع بالمياه).

يعتبر التآكل إلى حد بعيد أكثر أنواع تدهور التربة انتشاراً في جميع أنحاء العالم، مما يتسبب في متوسط معدل خسارة عالمي للتربة السطحية الخصبة يبلغ 30 طن لكل هكتار في سنة واحدة. في الغرب الأوسط الأعلى للولايات المتحدة، تُفقد التربة السطحية الثمينة بسبب تآكل الرياح في كل من الصيف والشتاء. عاصفة ثلجية واحدة في أواخر الشتاء وأوائل الربيع قد تنثر 30 مليون طن أو أكثر من التربة السطحية.

يبلغ معدل تجديد التربة السطحية نحو 2.5 سم لكل 500 عام في ظل الظروف الزراعية ونحو 1.5 سم لكل 3000 عام في ظل الظروف الطبيعية. على الصعيد العالمي، تتعرض أكثر من 10 ملايين هكتار من الأراضي الزراعية المنتجة للتدهور الشديد ويجري التخلي عنها سنويّاً بسبب تآكل التربة الزائد عن تكوين التربة. تشمل العوامل المساهمة في تآكل التربة التعرية Erodibility، وشكل الأرض (المنحدر والجانب)، والغطاء الأرضي، وإدارة الأراضي.

في الزراعة التقليدية باستخدام محراث لوحة التشكيل ملحقاً بقرص، يُقلب 15 سم العلوي من التربة وتقسيمها مع بقايا المحاصيل السابقة ويُحرث أي غطاء نباتي تحتها. تؤدي طريقة الحرث هذه إلى إزالة و / أو دفن بقايا

المحاصيل في الحقل ولا تترك سطح التربة عرضة لتآكل التربة فحسب، بل تزيد أيضاً من تحلل وتمعدن المادة العضوية للتربة (SOM)، مما يسهم بدوره في فقدان التربة، وكذلك انبعاث غازات الاحتباس الحراري (مثل ثاني أكسيد الكربون CO_2 وأكسيد النيتروز N_2O والميثان CH_4).

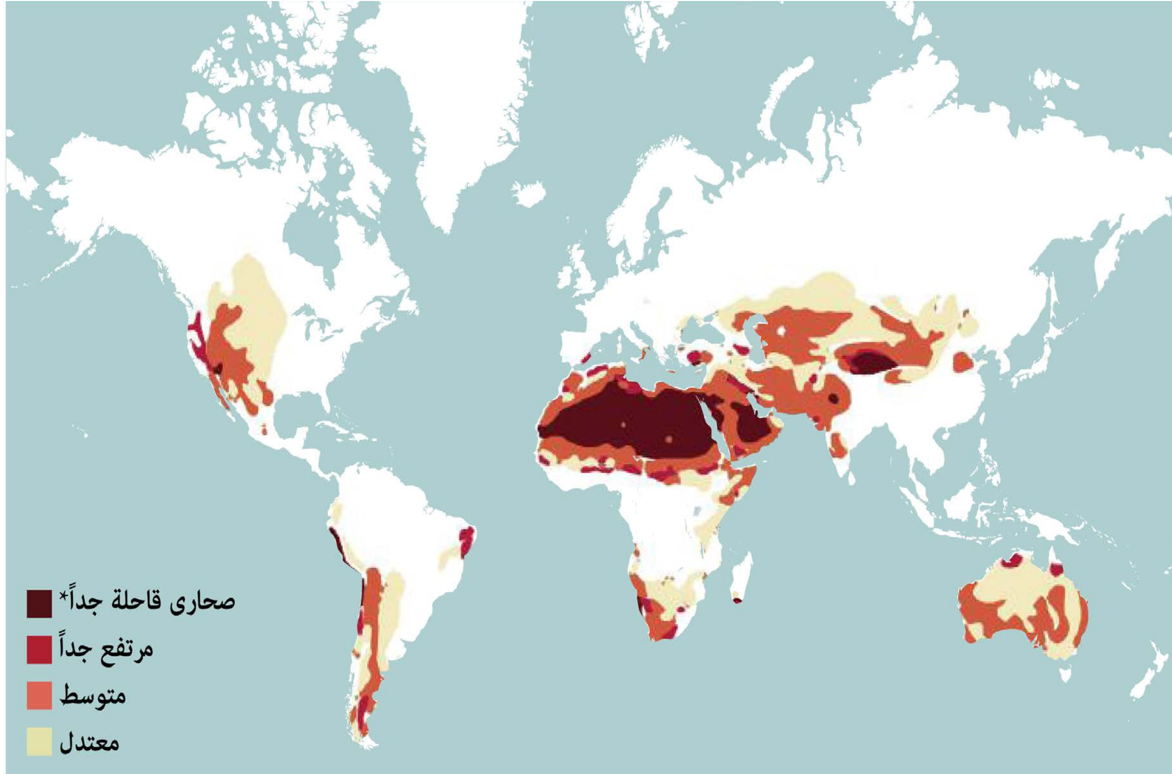
خلال الخمسين سنة الأولى من الحراثة، يُفقد ما متوسطه 40-50 % من المستوى الأصلي للقسم الأساسي. ويقلل فقدان التربة السطحية الغنية بـ SOM من تكوين مجاميع التربة، وقدرات الاحتفاظ بالمياه والمغذيات، ونتيجة لذلك، من خصوبة التربة. الرواسب الناتجة لها تأثيرات كبيرة في نوعية المياه وكميتها، وفقدان الأراضي الزراعية وانخفاض جودتها بسبب تآكل التربة يجعل التحدي المتمثل في تلبية احتياجات الغذاء والألياف للسكان الذين يتزايد عددهم بسرعة أكبر.

يتجاوز سوء إدارة النظم الإيكولوجية الزراعية والإفراط في استخدامها الحدود المادية التي صنعها الإنسان من خلال إفقار النظم البيئية المحيطة التي يتبادل معها استخدام الأراضي الزراعية الطاقة والمواد. الإنتاج الزراعي هو المصدر الرئيسي للدخل والعمالة والتخفيف من حدة الفقر، وبخاصة في البلدان النامية؛ وبالتالي، فإن تدهور الأراضي الزراعية المنتجة وفقدانها يقللان من الأمن الغذائي والاستقرار الاقتصادي.

3. التصحر

يمكن وصف التصحر، بأنه عملية من صنع الإنسان تقلل بشكل دائم من الإنتاجية البيولوجية والتنوع وقدرة النظم البيئية على التجدد الذاتي، لا سِيَّما في المناطق الجافة وشبه الجافة والمناطق شبه الرطبة من الكرة الأرضية.

مع الإمداد المحدود بالمياه، فإن هذه المناطق (التي تغطي نحو 47.2 % من سطح الأرض الخالي من الجليد) أكثر عرضة للتصحر من المناطق الرطبة بسبب مقاومتها المنخفضة ومعدلات التعافي البطيئة من الاضطرابات. نحو 20 % (نحو 1035 × 10^6 هكتار) من الأراضي الجافة المعرضة للخطر في العالم وسُبل عيش أكثر من بليون شخص يعانون الفقرَ بشكل مباشر بسبب التصحر في هذه المنطقة.



التوزيع العالمي للأراضي المعرضة لخطر التصحر. الصحاري القاحلة جدّاً فيها غطاء نباتي ضئيل أو بلا غطاء نباتي أو تربة عضوية ونشاط بشري نادر؛ وبالتالي، في الواقع، لا يوجد خطر لمزيد من التصحر.

تشمل القُوى الدافعة الأساسية وراء التصحر: إزالة الغابات، والرعي الجائر، وسوء الإدارة الزراعية (الإفراط في الزراعة والتملح / القلوية)، والزحف العمراني، والتلوث الحضري الصناعي. ينتج عن التصحر عواصف ترابية قد تحمل كميات كبيرة من التربة السطحية المتآكلة لمسافات طويلة جدّاً. أظهرت العواصف الترابية في ثلاثينات القرن الماضي في المنطقة المعروفة باسم قصعة الغبار Dust Bowl في الولايات المتحدة عملية التصحر من خلال الرعي الجائر وتحويل الأراضي العشبية إلى أراضٍ زراعية، مما تسبب في الجفاف والتآكل بسبب الرياح، وبالتالي فقدان إنتاجية النظام البيئي.

4. الزراعة الحيوانية

تعتبر الزراعة الحيوانية مكوناً كبيراً من الزراعة، أي الحيوانات مثل الأبقار والدجاج والديك الرومي والخراف والماعز وغيرها.

في جميع أنحاء العالم، يشير تقرير شامل حديث، تشكل الثروة الحيوانية 40 % من الناتج المحلي الإجمالي الزراعي وتوظف 1.3 بليون شخص. ومن المتوقع أن يتضاعف الإنتاج العالمي من اللحوم من 229 مليون طن متري في 1999 إلى 450 مليون طن متري في عام 2050 وأن ينمو إنتاج الحليب من 580 إلى 1043 مليون طن متري. ومع ذلك، وكما يؤكد تقرير منظمة الفاو أنّ (مساهمة الثروة الحيوانية في المشكلات البيئية على نطاق واسع).

يقترح التقرير أن الإنتاج الحيواني يجب أن يحظى باهتمام كبير من صانعي السياسات عندما (يتعاملون مع مشكلات تدهور الأراضي وتغير المناخ ونقص المياه وتلوث المياه وفقدان التنوع البيولوجي).

• تحديـــــــات الأمـــن الغذائـــي

منذ عام 1970، تضاعف الإنتاج الغذائي العالمي، وتضاعف الإنتاج الحيواني ثلاث مرات. مع كل هذه الزيادة، ما زلنا نفشل في إطعام 800 مليون شخص من السكان الحاليين حتى مع نمو سكان العالم بمعدل 1.3 % سنويّاً. يشير الأمن الغذائي إلى أنّ إنتاج غذاء كافٍ ومغذٍ في متناول الجميع، ولا سِيَّما الفقراء، من خلال تأمين قاعدة الموارد الطبيعيّة للإنتاجية الزراعية على المدى الطويل. ويكشف تقرير حالة الأمن الغذائي في العالم أن عدد الأشخاص الذين يعانون نقصَ التغذية يبلغ 800 مليون في البلدان النامية، و 8 ملايين في البلدان الصناعية، و26 مليون في البلدان التي تمر بمرحلة انتقالية.

ما ينتج عن ذلك من مجاعة ونقص التغذية ونقص المغذيات الدقيقة ومرض استنفاد المغذيات يشكل تهديداً خطيراً على صحة شخص واحد على الأقل من بين كل ستة أشخاص ونحو واحد من كل ثلاثة أطفال. أفريقيا جنوب الصحراء هي موطن لما يقرب من ربع الجياع في العالم النامي.

تختلف حدة المشكلة في جميع أنحاء القارة. مع أنّ غرب إفريقيا بها أكبر عدد من السكان في أي منطقة من المناطق الأفريقية، إلا أنها تعاني نقصَ التغذية بشكلٍ أقل. على النقيض من ذلك، فإن شرق إفريقيا، التي يبلغ عدد سكانها أقل قليلاً، بها أكثر من ضعف عدد الأشخاص الذين يعانون نقصَ التغذية. كما أن الأعداد في وسط وجنوب إفريقيا أكبر نسبيّاً، مع أنّ كليهما يضم عدداً أقل بكثير من السكان.

يعيش غالبية الأشخاص الذين يعانون نقصَ التغذية في البلدان النامية في آسيا والمحيط الهادئ. هذه المنطقة هي موطن لـ 70 % من إجمالي سكان

العالم النامي، كما أنها تضم ما يقرب من ثلثي (526 مليون) من يعانون نقصَ التغذية. الهند وحدها لديها عدد من الأشخاص الذين يعانون نقصَ التغذية (204 مليون) أكثر من كل أفريقيا في جنوب الصحراء الكبرى مجتمعة. مع إضافة جيران الهند، تمثل منطقة جنوب آسيا أكثر من ثلث إجمالي الذين يعانون نقصَ التغذية في العالم (284 مليون). 30 % (240 مليون شخص) يعيشون في جنوب شرق وشرق آسيا وأكثر من 164 مليون في الصين.

أدت الثورة الخضراء، مع إدخال أصناف جديدة من القمح والأرز، إلى زيادات كبيرة في إنتاج المحاصيل. لقد أعطت بلا شك أكثر من (مساحة للتنفس) في إنتاج الغذاء التي تصورها مؤيدوها. فقد جنبت المجاعة بالنسبة للكثيرين في جنوب آسيا وأمريكا اللاتينية، حيث جرى تبني الأصناف الجديدة والأساليب الجديدة بحماس.

كانت الثورة الخضراء علامة بارزة في التنمية الزراعية. وطالما أنه يمكن ضمان مياه الري والأسمدة والمبيدات، سيكون من الممكن ضمان حصاد وفير. صار حل المشكلة ناجحاً.

بعد أقل من عقدين من الزمن، أعرب المسؤولون عن مخاوفهم. فقد فشلت التنمية في إفريقيا، كما أن الثورة الخضراء فشلت في الهند.

وهو ما يعكس توضيح العامل للصلات البيئية الأساسية بين الغابات، والدورة الهيدرولوجية، وتوافر المياه، ونمو المحاصيل، والجفاف، وتملح التربة، وبالطبع القدرة المالية على تحمل التكاليف. وهنا تكمن بعض تحديات الزراعة في القرن الحادي والعشرين. بالنسبة لتقلص الأراضي الصالحة للزراعة في العالم وانخفاض إنتاجيتها، فإن أسعار مدخلات الطاقة ستلوح في الأفق بشكل كبير.

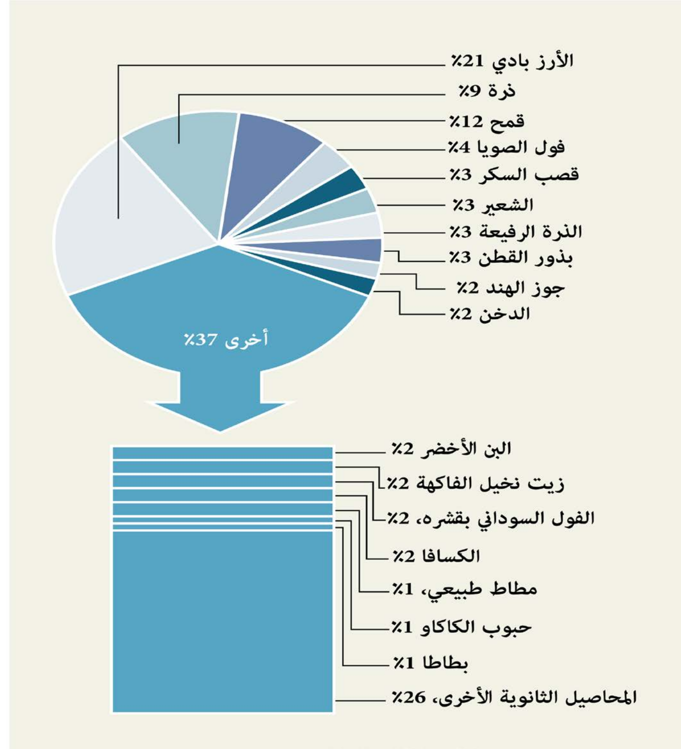
• توافـــر الميـــاه

يظهر توافر المياه للزراعة كعامل محدد رئيسي لإنتاج المحاصيل في أجزاء كثيرة من العالم. سيؤدي تغير المناخ العالمي إلى تفاقم المشكلة، إلى حد كبير في المناطق التي سيصبح فيها المناخ أكثر جفافاً مما هو عليه حالياً. إلى أقل حد، قد يطرح مشكلات حيث ستزيد كميات هطول الأمطار ولكنها تتساقط مع هطول أمطار غزيرة.

قُدّمت دراسة مفيدة يتم فيها تعريف البصمة المائية Water Footprint لبلد ما على أنها حجم المياه اللازمة لإنتاج السلع والخدمات التي يستهلكها سكان البلد. كما تتضمن حساباتها توافر المياه المحلية والمياه التي يجري استيرادها من بلدان أخرى. في الفترة 1997-2001، كان متوسط استخدام المياه للفرد 2480 متراً مكعباً في السنة للولايات المتحدة، و700 متر مكعب في السنة للصين، و1240 متراً مكعباً في العام كمتوسط عالمي.

يأخذ الباحثون أربع حقائق مُهمَّة بعين الاعتبار: (أ) الظروف المناخية المحلية، (ب) الحجم و (ج) نمط الاستهلاك، (د) كفاءة استخدام المياه. إن آثار أقدام زراعة المحاصيل مفيدة: مثلاً، الأرز، الذي يعد العنصر الأساسي لما يقرب من بليوني شخص، يتمتع بأكبر بصمة مائية.





استخدام المياه لزراعة محاصيل مختلفة، يشار إليه أيضاً بالبصمة المائية للمحاصيل. ويدل استخدام المياه من قِبل الناس على نمط استهلاكهم.

• معضلة الوقود الحيوي

ظهر تحويل المحاصيل إلى وقود حيوي مؤخراً كمشكلة وطنية وعالمية رئيسية. فقد جرى التركيز بشكل خاص على تحويل الذرة إلى الإيثانول. لقي هذا التحويل زخماً هائلاً عندما قدم الكونغرس الأمريكي، الذي فرض إنتاج 15 بليون غالون (أمريكي) من الوقود الحيوي بحلول عام 2015، إعانات مربحة. لتحقيق هذا المستوى من إنتاج الوقود الحيوي، تشير التقديرات إلى أن هناك

حاجة إلـى 40 % مـن محصـول الـذرة ﻓﻲ الولايات المتحدة. وقـد شـكك عـدد هائـل مـن التعليقـات والافتتاحيـات والأوراق العلميـة ﻓﻲ الحكمـة مـن تحويـل محصـول كثيـف الطاقـة مثـل الـذرة إلـى وقـود حيـوي.

الشـاغل الثانـي هـو مـا يمكـن أن نطلـق عليـه (فـراغ الطعـام) الـذي سـيخلقه هـذا التحـول. وقـد أُعـرب عـن المخـاوف ﻓﻲ جميـع أنحـاء العالـم. ﻓﻲ الولايـات المتحـدة، مثـلاً، الـذرة ليسـت فقـط طعامـاً وعلفـاً، ولكـن مشـتقاتها هـي أيضـاً الدعامـة الأساسـية للعديـد مـن المنتجـات الأخـرى. وبالتالـي، فـإن الزيـادات ﻓﻲ أسـعار الغـذاء أمـر لا مفـر منـه، وهـو مـا يحـدث بالفعـل.

كيـف نضمـن إنتاجيـة زراعيـة مسـتدامة وأمنـاً غذائيّـاً لجميـع الكائنـات الحيـة؟ إنّ أهميـة إنتـاج الغـذاء ليسـت قابلـة للنقـاش. لذلـك، مـا يجـب مناقشـته بجديـة هـو الانفصـال بـين النمـو السـكاني المتزايـد، والزراعـة الصناعيـة، ومدخـلات الطاقـة، والصراعـات ﻓﻲ اسـتخدام الأراضـي.

إلـى جانـب الاعتبـارات السـابقة، سـوف يتفاقـم هـذا الاصطـدام إذا حـدث انخفـاض ﻓﻲ إنتـاج المحاصيـل مـع تغيـر المنـاخ.

هناك حقيقتان أساسيتان ستشكلان مستقبل الزراعة:

1. زيادة مطردة ﻓﻲ استهلاك الغذاء والألياف التي تنتجها الزراعة.
2. ﻓﻲ الوقت نفسه يوجد انخفاض مطرد ﻓﻲ جودة وإنتاجية التربة حول العالم.

الاتجاهان ﻓﻲ مسار تصادمي. لن يتجنب هذا الاصطدام بحل واحد.

• حلـــول مشـــــكلات استخدام الأراضي للزراعـــــة

1. فهم وتعريف المشكلة الزراعية، والتوصيف، وتبسيط الافتراضات، وتحليل المشكلة الأصلية، والحجم، والتأثيرات قصيرة وطويلة المدى (الهواء، والمياه السطحية، والمياه الجوفية، والمخاطر والمسؤوليات البيئية، وما إلى ذلك) للمشكلة.

2. تحديد الخيارات الصديقة للبيئة: الهدف هو دراسة البدائل القائمة على الأداء والتي تكون سليمة علميّاً وتقنيّاً، وفعالة من حيث التكلفة، وعادلة، وشاملة، وأخلاقية، ومرنة، وفعَّالة في تحقيق الأهداف البيئية الزراعية. سيحتاج هذا إلى دراسة شاملة لمعظم الخيارات المتاحة الحالية والموثوقة (على سبيل المثال، مراجعة الأدبيات والممارسات والمنشورات المهنية وكتيبات التصميم) لمعالجة المشكلة؛ قد يتطلب ذلك تقييم التقنيات البيئية، وتغييرات في ممارسات الإدارة ودمج منع التلوث.

3. القيام بإجراء مراجعة شاملة: بعد الانتهاء من التحليل الأولي للمشكلة الزراعية، وعمليات الوحدة وتوازن المواد (حفظ الكتلة)، والتفاعلات، والمفاعلات، واستهلاك الطاقة (استخدم الجاذبية كلما أمكن ذلك لأن الجاذبية تفوز دائماً).

4. الاعتراف بالدور الحاسم: القيام بأوسع نقاش ممكن مع الإداريين والمنظمين وإشراك أصحاب المصلحة والأطراف المهتمة والجمهور بنشاط في تطوير توافق في الآراء.

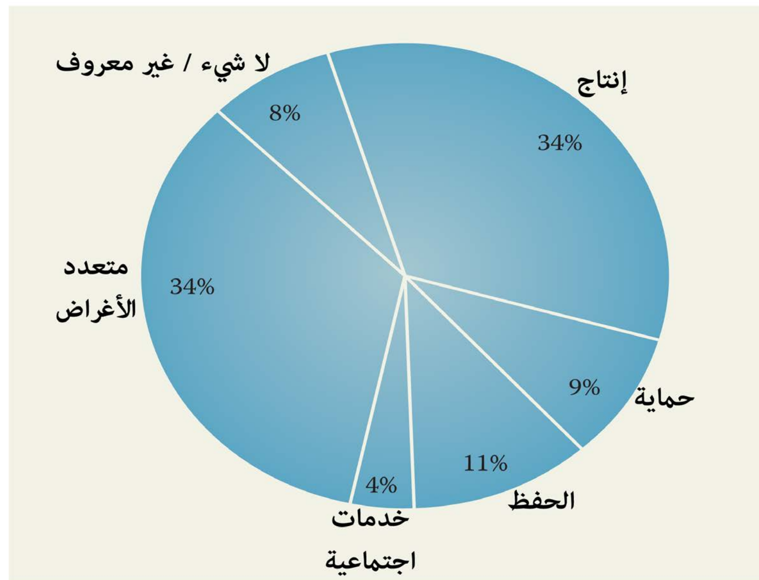
5. بعد دمج التعليقات المتنوعة، اقترح فحص خطة المعالجة المحتملة بشكل منهجي وواقعي، ثم اعمل تقديرات التكلفة (رأس المال، والتشغيل، والصيانة، والمراقبة، والإصلاحات، وما إلى ذلك) وهندسة القيمة للخيار المختار قبل الانتهاء من التوصيات.



مشكلة استخدام الأراضي وموارد الغابات

كما وجدنا سابقاً، لا تمثل الغابات بعضاً من أكثر النظم البيئية روعة في العالم فحسب، بل تؤدي أيضاً دوراً هائلاً في أداء العديد من النظم البيئية الأخرى. تدعم أشكال الحياة الفريدة هذه، ذات العمر الطويل نسبيّاً والقدرة على إنتاج الخشب على مدى سنوات عديدة، فسيفساء كاملة من النظم البيئية الأصغر التي تعتمد على أجزاء عدة من الأشجار والنباتات الكامنة وراءها.

أوصافنا للعمليات البيئية للغابات النموذجية التي تؤدي إلى تطوير أنواع مختلفة من التربة، ودورها في الدورات البيوجيوكيميائية، وبنية مجتمعاتها، والتوزيع العالمي في العديد من المناطق الأحيائية، يجب أن توفر الخلفية اللازمة لتقييم مساهمة خدمات النظم الإيكولوجية للغابات للبشرية والكائنات الحية الأخرى.



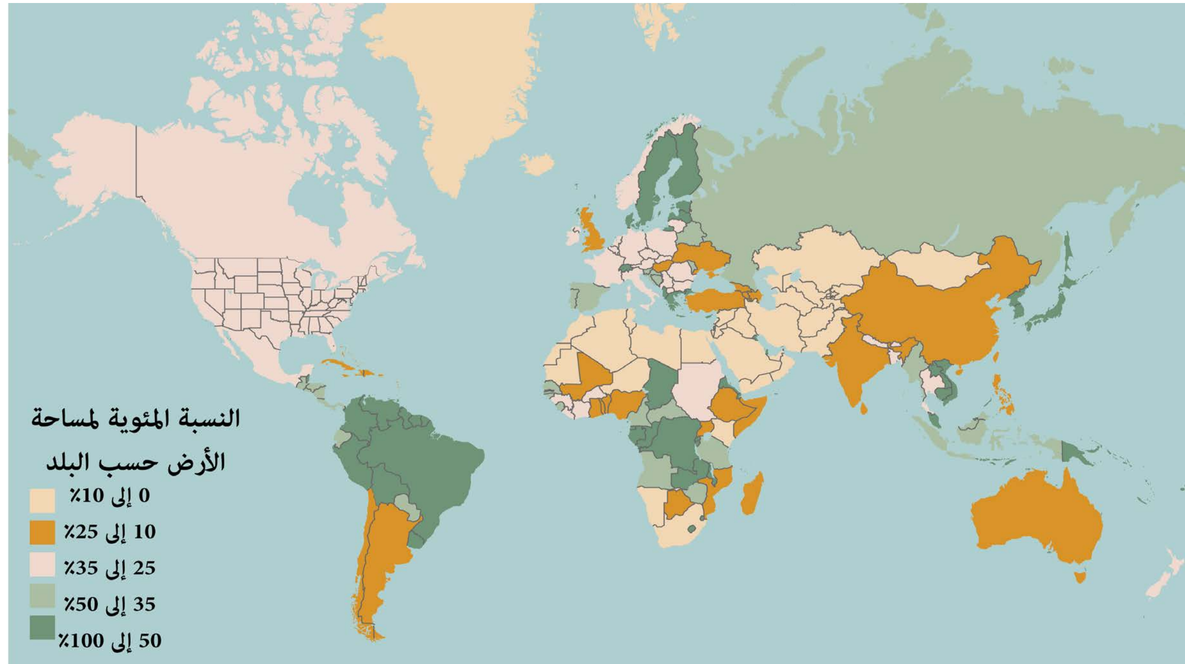
الوظائف الأساسية المعينة للغابات 2005.



سندرس هنا مدى الموارد الحراجية العالمية والوطنية، والاستخدام التاريخي والمعاصر للغابات من قِبل البشر، والحالة الحالية لقاعدة موارد الغابات، ونصف التغييرات التي أحدثتها وما أحدثتها الآفات الطبيعية ومسببات الأمراض.

• النطـــــاق العالمـــــي والوطـــــني للغابـــــات

تشير الغابة إلى نظام إيكولوجي قائم بذاته (مثلاً، من 1 إلى 100 هكتار) أو إلى منطقة محلية (مثلاً، 100-1000 هكتار) أو منظر طبيعي إقليمي (1000-100000 هكتار أو أكثر)، وكلها تهيمن عليها الأشجار. تُعرّف (الأراضي الحراجية) بأنها مساحة 0.4 هكتار (= 1 فدان) و 10 % غطاء حراجي. تشغل الغابات ما يقرب من 3.5 بليون هكتار أو نحو 30 % من مساحة اليابسة في العالم. ما يقرب من ثلثي الغابات في 10 بلدان، في حين أن أقل من 10 % من المساحة غابات في 53 دولة.



توزيع الموارد الحراجية العالمية.



تعد الغابات في جميع أنحاء العالم مصدراً مباشراً لكسب العيش لأكثر من 350 مليون شخص، ويعتمد ما يقرب من ثلاثة أضعاف هذا العدد بشكل غير مباشر على الغابات. كما سنلاحظ لاحقاً، كان هناك خسارة تدريجية لمناطق الغابات بسبب استخدامات الرعي والزراعة وغيرها من الاستخدامات التنموية.

• أنواع ووظائف الغابات

إن نوع وخصائص الغابة الموجودة في أي موقع معين هي نتيجة عوامل متعددة ومتفاعلة، وأهمها المناخ الكلي والصغير، والجيومورفولوجيا، والهيدرولوجيا، والتربة؛ النباتات والحيوانات المرتبطة بها؛ وأنظمة الاضطرابات التاريخية الطبيعية والإنسانية في المنطقة، مثل: الحرائق والفيضانات والظروف الجوية المتطرفة وقطع الأخشاب وإزالة الغابات.

اعتماداً على مجموعة العوامل هذه، تختلف الغابات في خصائص مثل المظهر، وتكوين الأنواع وتنوعها، والكثافة، وهيكل العمر والحجم، وعادات النمو في جميع أنحاء العالم.

بناءً على هيكلها وعمرها، تُصنف النظم الإيكولوجية للغابات عموماً على أنها نمو قديم أو نمو ثانٍ أو مزرعة. يشار إلى الغابات الناضجة التي وصلت إلى مراحلها المستقرة نسبيّاً من الوراثة الأولية والثانوية وتركت سليمة لعدة مئات من السنين على أنها غابات قديمة النمو، أو غابات متعاقبة متأخرة، أو غابات حدودية.

يعرّف معهد الموارد العالمية الغابات الحدودية بأنها (غابات طبيعية كبيرة، سليمة بيئيّاً ، وغير مضطربة نسبيّاً والتي من المحتمل أن تعيش إلى أجل غير مسمى دون مساعدة بشرية). كما أنّ هذه الغابات عادة ما تكون متعددة الطبقات (طبقية) وتحوي على أشجار كبيرة نسبيّاً (غالباً ما تكون متحللة وطويلة العمر؛ وأعقاب كبيرة (أشجار ميتة واقفة)؛ سجلات كبيرة ساقطة كميات كبيرة من الحطام الخشبي الخشنة؛ وتنوع كبير نسبيّاً في الموائل.

تشمل غابات النمو الثاني المناطق التي نمت فيها الغابات مرة أخرى مؤخراً نسبيّاً من خلال التعاقب الثانوي بعد قطع الأخشاب أو الاضطرابات الطبيعية الرئيسية. المزارع عبارة عن غابات تتكون أساساً من الأشجار التي جرى إنشاؤها عن طريق الزراعة أو البذر الاصطناعي بعد اضطراب من صنع الإنسان أو طبيعي (إعادة تحريج) أو على الأرض حيث كان النظام البيئي السابق عبارة عن نظام بيئي آخر غير غابات (التشجير).

عادة ما تُنشأ المزارع بهدف إنتاج مزيج محدد من المنتجات أو الفوائد أو وسائل الراحة، ويعكس هيكلها وتكوين الأنواع هذا الهدف.

الغابات هي موارد متجددة طالما أن معدل قطع الغابات وتدهورها لا يتجاوز معدل تجديد الغابات ونموها (يسمى أيضاً الحصاد المستدام). توفر النظم الإيكولوجية للغابات مجموعة واسعة من سلع وخدمات النظم الإيكولوجية غير المسوقة والمنتجات المسوقة. ومن الأمثلة على المنتجات التي يجري تسويقها الأخشاب المستخدمة في حطب الوقود والبناء والأخشاب الأخرى؛ ومنتجات اللب والورق؛ ومنتجات الخشب المهندسة (مثلاً، خشب الغلولام، الحزم المصفحة

اللاصقة، والحبيبي، واللوح الرقائقي، والألواح الليفية)؛ ومنتجات المرافق (مثلاً، الأعمدة والدعامات)؛ والغذاء والألياف والأدوية.

تشمل أمثلة السلع والخدمات غير المسوقة إنتاج المأوى والغذاء للحياة البرية وفرص الترفيه؛ استيعاب المغذيات والنفايات وغازات الدفيئة والاحتفاظ بها؛ تنظيم الدورة الهيدرولوجية (مثلاً، السيطرة على الفيضانات والجفاف) والأحداث المناخية المتطرفة؛ استقرار التربة وحماية التنوع البيولوجي وبنوك البذور والمؤشرات الحيوية.

تعتمد الأهمية النسبية التي توضع على منتجات وفوائد ووسائل راحة حراجية معينة في مكانٍ معينٍ من العالم، إلى حدٍ كبيرٍ، على التنمية الاقتصادية والاجتماعية والقيم الثقافية في ذلك المكان.

• منتجات الغابة

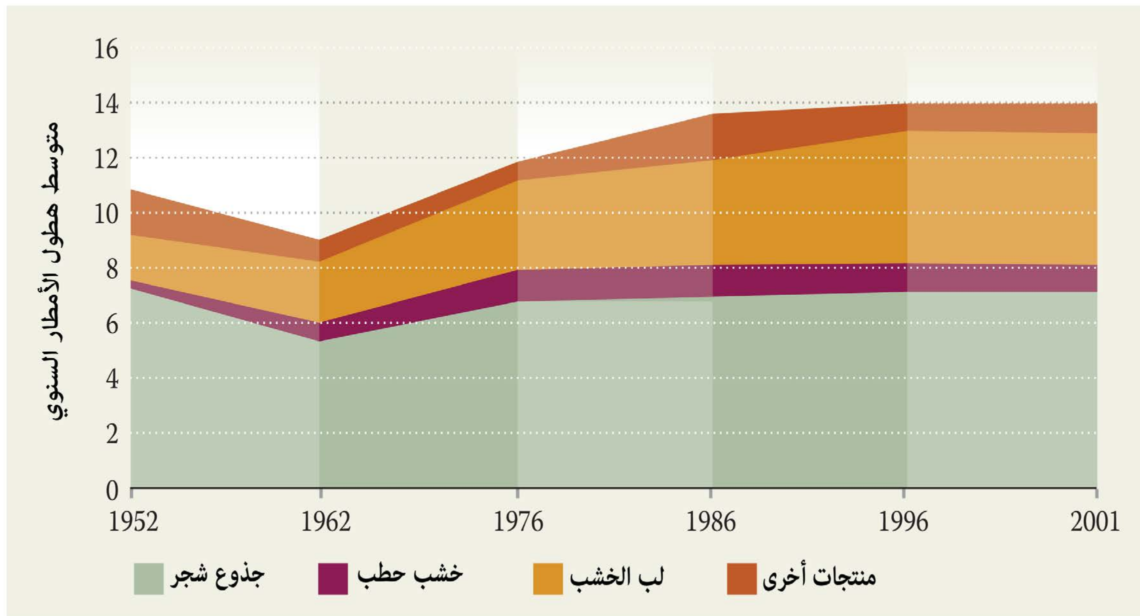
مع أنّ غابات العالم ككل تتناقص من حيث الحجم والجودة، إلا أن الطلب على المنتجات الحراجية آخذ في الازدياد، ومن المتوقع أن يستمر في الزيادة نتيجة للزيادات في عدد سكان العالم واستهلاك الفرد. في منتصف التسعينيات، كان إجمالي الاستهلاك العالمي من الأخشاب نحو 3.4 بليون متر مكعب، أي أعلى بنسبة 8 % من الاستهلاك المقدر 1984-1985.

استخدم نحو 54 % من الأخشاب المستهلكة في العالم في منتصف التسعينيات لحطب الوقود، و 26 % للمنتجات الخشبية المستديرة (جذوع الأشجار والأخشاب



المنشورة للبناء)، و 11 % لصناعة الورق، و 9 % لمنتجات الأخشاب المصنعة (القشر، والألواح، والخشب الرقائقي).

يكشف المخزون المتنامي وعمليات الإزالة عن وجود فائض صحي في صافي النمو. تختلف النسبة المئوية للمنتجات الحراجية المختلفة التي تُحصد في الولايات المتحدة اختلافاً كبيراً عن الأرقام العالمية السابقة. مثلاً، في عام 1991، كان 49 % من الخشب المقطوع عبارة عن قطع من الخشب أو قشرة خشبية، و 28 % من لب الخشب، و 18 % خشب وقود، و 5 % المتبقية كانت منتجات أخرى.



الاتجاهات في زيادة المخزون المحصود من أجل إنتاج منتجات الأخشاب فيما يتعلق بكمية الهطول المتلقاة 1952-2001.

تشكل الأخشاب اللينة (عاريات البذور) القادمة بشكل أساسي من جنوب شرق وغرب الولايات المتحدة 67 % من الحجم المحصود؛ تشكل الأخشاب الصلبة (كاسيات البذور) القادمة بشكل أساسي من شرق الولايات المتحدة 33 %. تُستخدم نسبة كبيرة من الأخشاب اللينة المحصودة في خشب البناء واللب والورق، وتستخدم نسبة كبيرة من الأخشاب الصلبة المقطوعة للأثاث والخزائن والأرضيات والمنتجات المماثلة.

أسهم إنتاج المنتجات الخشبية بنحو 400 بليون دولار أمريكي سنويّاً في الاقتصاد العالمي (1.8 % من الاقتصاد العالمي و 4.1 % من اقتصادات البلدان النامية). بحلول عام 2010، كان من المتوقع أن يتراوح الاستهلاك العالمي للأخشاب بين 3.6 و 6.3 بليون متر مكعب.

في الولايات المتحدة، يُحصد أكثر من 400 مليون متر مكعب من الأخشاب سنويّاً وتستخدمها أكثر من 43000 شركة لمنتجات الغابات لإنتاج نحو 300 بليون دولار أمريكي من منتجات الغابات كل عام. إنّ صناعة منتجات الغابات هي رابع أكبر صناعة في البلاد وتستهلك 15 % من المواد الخام للدولة (المعادن والوقود والأخشاب)، وتوظف 5 % من القوة العاملة وتنتج 5 % من الناتج القومي الإجمالي.

نظراً لأن بعض أراضي الغابات قد جرى سحبها من إنتاج الأخشاب (مثلاً، لولاية أو حديقة وطنية)، من نحو 298 مليون هكتار من أراضي الغابات في الولايات المتحدة، فإن 66 % تعتبر منتجة تجارياً (تنتج 1.4 متر مكعب من الخشب هكتار في السنة). وإنّ غالبية أراضي الغابات المنتجة تجاريّاً (60-58 %) مملوكة لأفراد غير صناعيين؛ 14 % فقط من الأراضي المنتجة تجاريّاً مملوكة لشركات منتجات الغابات.

إن إنتاج واستخدام العديد من السلع والخدمات غير المسوقة ضروريان أيضاً لرفاه وصحة البشر واقتصاداتهم. وفقاً لأحد التقديرات، تبلغ القيمة العالمية لسلع وخدمات النظم الإيكولوجية غير المسوقة التي تقدمها الغابات 90 بليون دولار أمريكي سنويّاً.

في شمال غرب المحيط الهادئ لأمريكا الشمالية، مثلاً، تعمل الغابات قديمة النمو على حماية الموائل لنحو 112 مخزوناً سمكيّاً، وتبلغ قيمة صناعة السلمون وحدها بليون دولار أمريكي سنويّاً. في مثل هذه الحالات، قد تكون قيمة الأخشاب وإمكانات إنتاج الغابة أقل أهمية بكثير في تحديد إدارة الأراضي من احتياجات الموارد الأخرى المُهمَّة اقتصاديّاً.

• إزالـــة الغـــابــات

تاريخيّاً، حدث قطع للأخشاب من الغابات الحدودية والغابات غير الحدودية في جميع أنحاء العالم. في كثير من الغابات، يكون الحصاد جزءاً من خطة إدارة شاملة توفر التجديد الاصطناعي أو الطبيعي للغابة بعد القطع. ومع ذلك، في السنوات الأخيرة، كان تحويل الأراضي من الغابات إلى استخدامات أخرى للأراضي (مثل تنمية المحاصيل والمراعي أو سكن الإنسان) غير مسبوق. وحتى اليوم، تستمر إزالة الغابات بمعدل ينذر بالخطر وهو 13 مليون هكتار سنويّاً.

وبسبب أنه كان للبشر تأثير كبير في كمية وطبيعة النظم البيئية للغابات في العالم عبر التاريخ، كان البشر الأوائل يجمعون الثمار في المقام الأول وكان

لهم تأثير ضئيل في؛ الغابة حيث حصلوا على احتياجات الكفاف مثل الخشب للوقود والأخشاب للبناء والأغذية والأدوية، وفي كثير من الأحيان القيم الروحية من الغابة.

ومع ازدياد حجم سكان العالم واستهلاكهم، فإن مساحات شاسعة من الغابات قد أزيلت ومازالت في الوقت الحاضر يتم تطهيرها من خلال حصاد الأخشاب التجاري الاستغلالي وتطهيرها من أجل الزراعة وتربية المواشي، والتنمية الحضرية -الصناعية (الإسكان، والتعدين، وشبكات النقل، والسدود)، واستخدامات الأراضي غير الحراجية الدائمة الأخرى.

يشير مفهوم إزالة الغابات إلى وضع الأرض لاستخدامات الأرض الأخرى. اليوم، تشغل الغابات والأراضي الحراجية في العالم ما يقرب من 30 % من مساحة الأرض مقارنة بنحو 47 % في الفترة التي سبقت الزراعة. خُمس الغابات المتبقية فقط هي أنظمة إيكولوجية لغابات قديمة النمو في حالة غير مُدارة.

انخفض نصيب الفرد من مساحة الغابات بأكثر من 50 % من المتوسط العالمي البالغ 1.2 هكتار في عام 1960 إلى 0.6 هكتار في عام 1995. وفي الولايات المتحدة، انخفضت مساحة الغابات بنسبة 30 % تقريباً، من نحو 421 مليون هكتار عام 1600 إلى 298 مليون هكتار في عام 1992، مع أنّه ينبغي الإشارة إلى أن الولايات المتحدة قد زادت مساحة الغابات من مستوى منخفض بلغ نحو 235 مليون هكتار في عام 1920.

يعتمد نحو بليوني شخص، بخاصة في إفريقيا وأجزاء من أمريكا الجنوبية في الأنديز وجزر الكاريبي ومعظم شبه القارة الهندية، على الخشب كوقود للدفء

والطهي. في عام 1990، جرى استخدام أكثر من نصف الأخشاب المستخرجة من غابات العالم في حطب الوقود. أدى الحصاد الجائر لمناطق الغابات في هذه المناطق إلى ندرة حادَّة في حطب الوقود. يجري إزالة أكثر من 10 ملايين هكتار من الغابات في جميع أنحاء العالم سنويّاً للإنتاج الزراعي لدعم الزيادة في حجم سكان العالم.

تناقصت مساحة الغابات في العالم (بما في ذلك المزارع) بمعدل سنوي قدره 11.3 مليون هكتار، من 1980 إلى 1995. وقد تسببت إزالة الغابات الإقليمية بين عامي 1980 و 1995 في خسارة صافية لموارد الغابات قدرها 200 مليون هكتار في البلدان النامية، ولكن كانت هناك زيادة صافية قدرها 20 مليون هكتار في البلدان المتقدمة.

كانت معدلات إزالة الغابات العالمية 12 و 15 و 13 مليون هكتار في العام في السبعينيات والثمانينيات والتسعينيات على التوالي.

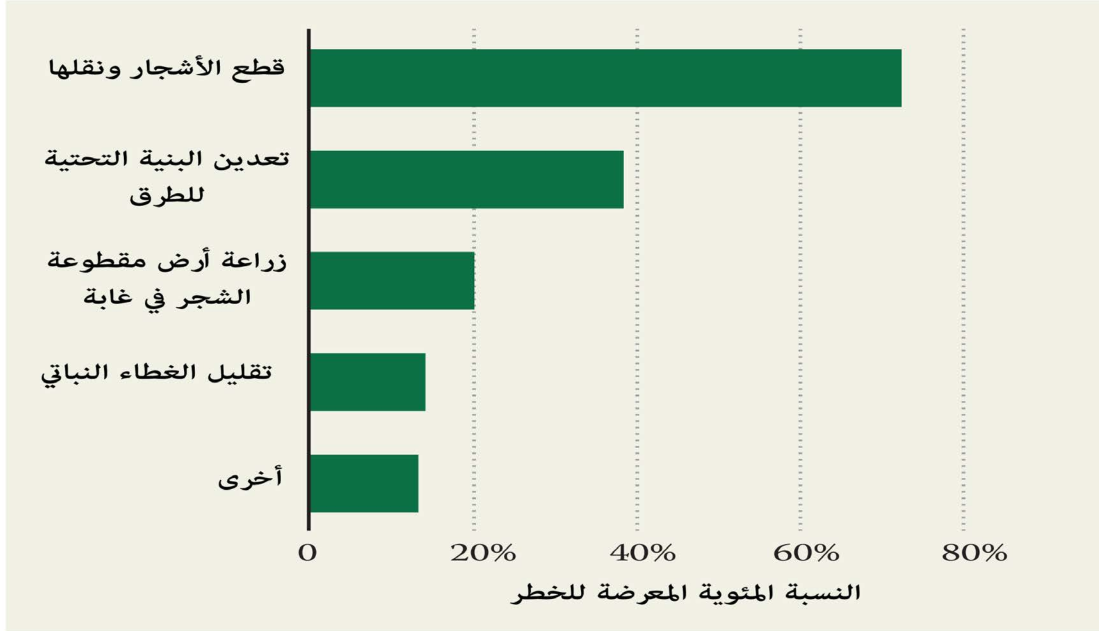
لقد فقدت الغابات الطبيعية بمعدل سنوي قدره 14.6 مليون هكتار بين عامي 1990 و 2000؛ حيث جرى تحويل 1.5 مليون من أصل 14.6 مليون هكتار إلى مزارع حراجية. بشكل عام، نمت المزارع الحراجية بنحو 3.1 مليون هكتار سنويّاً. هناك حاجة إلى بعض الحذر في تسجيل هذه الأرقام لأن زراعة منطقة بأنواع أشجار الغابات لا تؤدي على الفور إلى إنشاء نظام وظيفي بيئي أو مزرعة قابلة للحياة تجارياً. حتى في ظل أفضل الظروف المناخية والتربة، يستغرق الأمر عقوداً عدة لإعادة الغابة إلى تجمّع مريح وقابل للحياة.

حدثت عمليات إزالة الغابات في المنطقة الاستوائية بأسرع ما يمكن وتسببت في خسارة صافية قدرها 450 مليون هكتار (تعادل نصف مساحة الولايات المتحدة) بين عامي 1960 و 1990؛ نحو ثلثي هذا المقدار كان بسبب زراعة القطع والحرق.

صارت الغابات المعتدلة حالياً في حالة مستقرة إلى حد ما بعد أن فقدت نصف مناطقها الأصلية على مدى قرون. كما يجري أيضاً إزالة الغابات على نطاق واسع، التي تشكل أكبر منطقة حيوية أرضية على الأرض بمساحة 13 مليون كيلومتر مربع، وذلك بشكل أساسي عن طريق قطع الأشجار الاستغلالي الواضح. تدمر الحرائق وقطع الأشجار الاستغلالي 40000 كيلومتر مربع من غابات سيبيريا الشمالية سنويّاً، كما جرى حرق ما يصل إلى 70000 كيلومتر مربع من غابات كندا الشمالية سنويّاً في التسعينيات.

لقد كان الحصاد الجائر للأخشاب، والرعي الجائر، والتنمية الحضرية والصناعية، والنقل، وتجزئة الغابات لأغراض الزراعة، من الأسباب الرئيسية لإزالة الغابات وتدهور النظام الإيكولوجي للغابات في جميع أنحاء العالم. تقف وراء هذه الإجراءات المباشرة مجموعة من القُوى أو الأسباب الاجتماعية والاقتصادية الأساسية التي يجب الاعتراف بها لفهم النطاق الكامل لمشكلة إزالة الغابات، بما في ذلك النمو السكاني والاستهلاكي والفقر ونقص الأراضي وسوء توزيع الأراضي الزراعية وإخفاقات السوق والسياسات مثل تعظيم الربح على المدى القريب، والجشع، والافتقار إلى تقييم سلع وخدمات النظام البيئي غير السوقي (العوامل الخارجية).





أنواع التهديدات التي تتعرض لها الغابات القديمة (الحدودية) ونسبتها المئوية المعرضة للخطر.

كما تشجع الحوافز في غير محلها على الإفراط في الحصاد، كما هو الحال بالنسبة للنمو الاقتصادي غير المتكافئ ومحدودية وصول الفقراء إلى عمليات صنع السياسات والقرارات (وتسمى أيضاً الظلم التوزيعي) والافتقار إلى الأنظمة المؤسسية لتعزيز الاستدامة على المدى الطويل.

أدت إزالة الغابات وتدهورها إلى الحد بشكل كبير من قدرة غابات العالم على توفير المنتجات التجارية اللازمة والسلع والخدمات غير المسوقة لعدد متزايد من السكان مع استهلاك متزايد باستمرار. لذلك ينبغي أن تركز استراتيجيات إدارة الغابات الحالية والجديدة على زيادة إنتاج السلع والخدمات السوقية وغير السوقية.

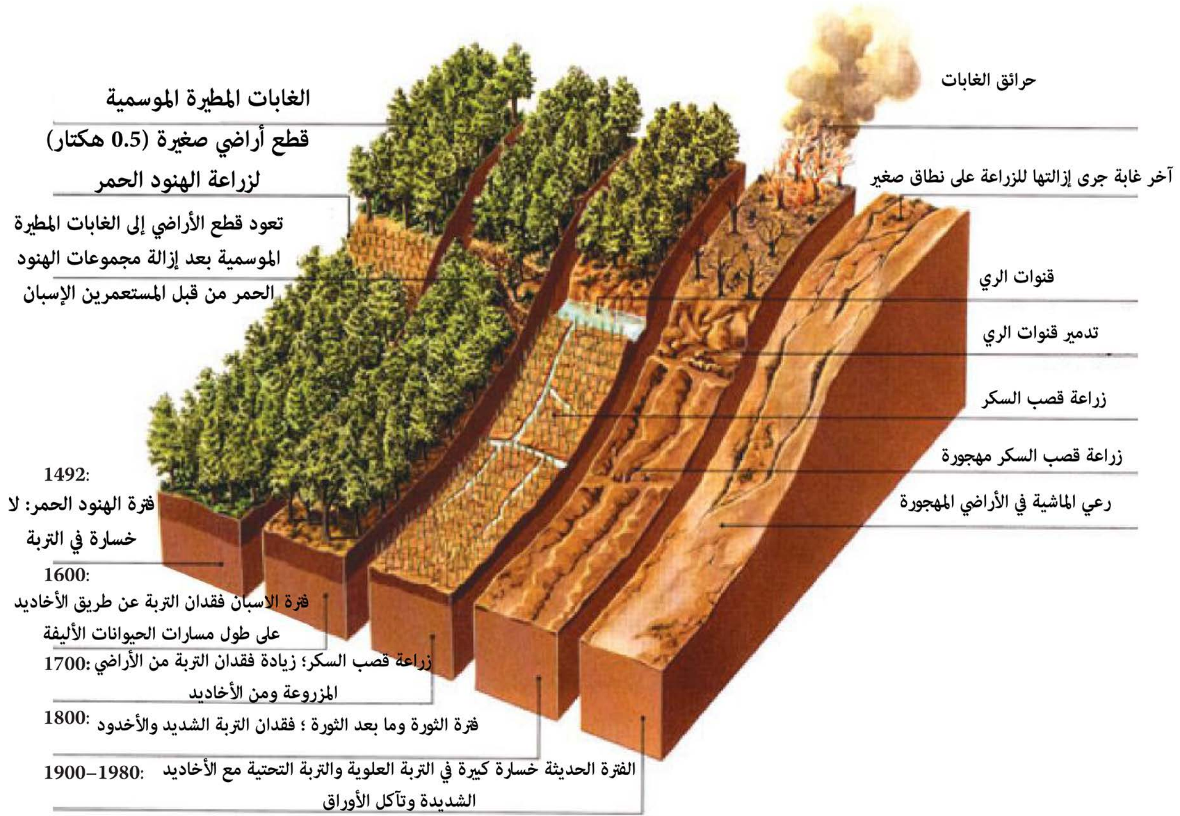
• التأثيــرات على الـــدورة الهيدرولوجيـــــة

تـؤدي الغابـات دوراً حيويّاً في تنظيـم الـدورة الهيدرولوجيـة أو (دورة المـاء) مـن خـلال التخفيـف مـن معـدل تسـاقط الميـاه عنـد تصريـف الأمطـار عبـر التربـة إلـى الميـاه الجوفيـة والسـطحية، عـن طريـق منـع التربـة مـن الجفـاف عـن طريـق التبخـر، وعـن طريـق إعـادة الميـاه عـن طريـق النتـح مـن الميـاه الجوفيـة والسـطحية إلـى الغـلاف الجـوي مـن ثـم سـتعود في النهايـة كهطـول.

عندمـا ينخفـض الغطـاء الحراجـي بشـكل كبيـر بسـبب إزالـة الغابـات، فـإن هطـول الأمطـار الـذي توفـره تلـك الغابـات يتناقـص بشـكل كبيـر، ممـا يـؤدي إلـى نـدرة الميـاه المحليـة والإقليميـة للشـرب والاسـتخدامات المنزليـة الأخـرى والـري والثـروة الحيوانيـة والصناعـة والحيـاة البريـة. يوضـح المنظـور التاريخـي لتحويـل الغابـات المطيـرة الموسـمية إلـى إنتـاج زراعـي تدهـور مسـتجمعات الميـاه بمـرور الوقـت.

يؤثـر فقـدان الغطـاء الحراجـي أيضـاً بشـكل سـلبي علـى كميـة وتوزيـع الإشـعاع الشمسـي الممتـص (تأثيـر العاكسـية) ويمكـن أن يسـرع تـآكل التربـة بفعـل الريـاح والميـاه والجريـان السـطحي وترشـيح المغذيـات في التربـة. وهـذه بدورهـا تـؤدي إلـى حـالات جفـاف؛ وفيضانـات، وانهيـارات أرضيـة، وفقـدان خصوبـة التربـة وإنتاجيـة النظـام البيئـي؛ وترسـب الطمـي في الأنهـار والموانـئ وأنظمـة الـري والخزانـات؛ وتدهـور مسـتجمعات الميـاه. كل ذلـك يـؤدي إلـى تدهـور المـوارد ونوعيـة الحيـاة.

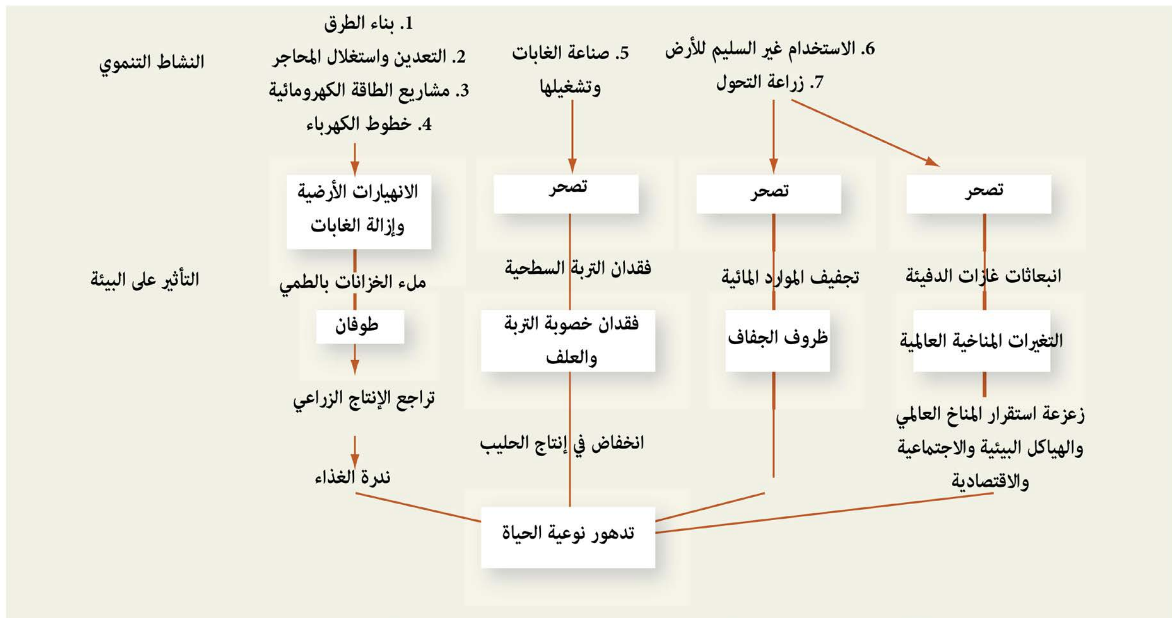




تدهور تدريجي تاريخي في صحة جزء من مستجمعات المياه في غابة مطيرة موسمية.

إزالة الغابات والآثار المصاحبة لها على الدورة الهيدرولوجية لها عواقب اجتماعية واقتصادية مُهمَّة على نوعية حياة الإنسان وفي بعض الحالات على الحياة نفسها. مثلاً، أدى قطع الأشجار على منحدرات التدرج في خليج باكويت في الفلبين إلى زيادة تآكل التربة بمقدار 235 مرة؛ ودمّرت الرواسب الناتجة الشعاب المرجانية للخليج ومصائد الأسماك فيه، مما تسبب في خسارة نصف الإيرادات التجارية في منتصف الثمانينيات.

تـؤدي إزالـة الغابـات، لا سِـيَّما في أمريـكا اللاتينيـة والصـين، إلـى تفاقـم الفيضانـات، ممـا أدى إلـى خسـائر في الأرواح وجعـل ملايـين مـن الأشـخاص بـلا مـأوى ولاجئـين بيئيـين. في فنزويـلا، تسـببت الأضـرار الناجمـة عـن الفيضانـات والانهيـارات الطينيـة في ديسـمبر 1999 في مقتـل 50000 شـخص.



العواقب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لإزالة الغابات على نوعية الحياة.

• التأثيـــــرات على الـــــدورات الغازيـــة والرسوبيـــــة

تشـكل النظـم البيئيـة للغابـات نحـو 60 % مـن 2000 بليـون طـن مـن الكربـون (C) المحتجـز في جميـع النباتـات الأرضيـة والتربـة. يجـري تخزيـن نحـو نصـف إجمالـي الكربـون في النظـم الإيكولوجيـة للغابـات في الغابـات الشـمالية، والثلـث في الغابـات الاسـتوائية، ونحـو السُـبع في الغابـات المعتدلـة، مـع وجـود أكثـر مـن ثلثـي إجمالـي الكربـون في تربـة الغابـات ورواسـب الخـث.

تحوي غابات الشمال وحدها على كمية من الكربون أكثر من جميع احتياطيات الوقود الأحفوري المؤكدة على الأرض (النفط، والفحم، والغاز الطبيعي). لذلك، تؤدي النظم الإيكولوجية للغابات المحلية والإقليمية دوراً رئيسيّاً بشكل تراكمي في تثبيت التبادل الدوري للغازات (CO2، N ، O2 ، H2O) والرواسب، مثل (الفوسفور، والحديد) بين الغلاف الجوي والغلاف الحيوي والغلاف الصخري والغلاف المائي على المقياس العالمي.

تتسبب إزالة الغابات في المزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي مقارنةً بأي اضطراب في أي نظام بيئي آخر. مثلاً، كمية الكربون المحتبس في نباتات الغابات والتربة تزيد بشكل عامٍ علىً 20 - 50 مرة لكل وحدة مساحة عن الأراضي الزراعية. يؤدي تدمير الغابات المحلية والإقليمية وتدهورها إلى تعطيل دورات الغاز والرواسب، وإطلاق الغازات في الغلاف الجوي التي تغير الدوران والتركيب الكيميائي والتوازن الحراري للمناخات المحلية والإقليمية والعالمية.

زاد متوسط معدلات إزالة الغابات السنوية في المناطق المدارية بشكل ملحوظ، وهو ما يمثل 1.9 ± 0.6 بيكوغرام في السنة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية. التغييرات الناتجة على النطاق العالمي تسمى تغير المناخ العالمي، والغازات المنبعثة التي تعطل التوازن الحراري للأرض تسمى (غازات الدفيئة).

ويسهم كل من إزالة الغابات وتجزئة الغابات في ضياع التنوع البيولوجي. يُقصد بالتجزئة تقسيم الغابات إلى بقع أصغر من خلال الأنشطة البشرية، مثلاً: (ممرات النقل أو المرافق، والتوسع الحضري، والقطع الواضحة الكبيرة)، وبالتالي تقليل المساحة، والسلامة، والاتصال، وأحجام الموائل وتغيير كل أو جزء من مناخها المحلي.

إن البقع الصغيرة المعزولة الناتجة من الغابات لا تقلل فقط من المساحة المتاحة لبقاء الأنواع النباتية والحيوانية (الحد الأدنى من المساحة الصالحة للحياة) ولكن أيضاً تعيق انتشارها وإعادة استعمارها من موقع لآخر. كلما كان حجم الغابات واتصالها أصغر، زاد خطر فقدان الأنواع التي تتطلب مساحات شاسعة من الغابات، مثل (العديد من الطيور المهاجرة الاستوائية الجديدة).

بالإضافة إلى العزلة وتقليل حجم السكان، تتسبب التجزئة في زيادة المناطق الحدودية بين الغابات والنظم البيئية غير الحراجية التي تظهر تأثيرات حافة مميزة جدّاً في حواف الغابات هذه، وتوجد ظروف مناخية أكثر قسوة، مثلاً (زيادة التشمس والتبخر وسرعة الرياح)، وغالباً ما تسود الأنواع الغازية وغير المحلية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يكون للحواف آثار ضارة على الغابات الداخلية والأنواع المتوطنة، وتغيير بنية الغابات (تنوع الأنواع، وتوزيعها، ووفرتها) وتغيير الدورات الكيميائية الجيولوجية واستقرار النظام البيئي.

وفقاً لدراسة استمرت 20 عاماً في وسط الأمازون بالبرازيل في نظام بيئي للغابات المطيرة يحوي على أكثر من 64000 شجرة تتكون من نحو 1300 نوع، تسبب التجزئة في معدلات موت للأشجار بنسبة 1.5 % في السنة في غُضون 300 متر من حواف الغابات و0.43 % في السنة في التصميمات الداخلية للغابات. بالإضافة إلى ذلك، أدى تجزئة الغابات إلى تأثير شديد بشكل غير متناسب في الأشجار الكبيرة (أقطار الساق أكبر من 60 سم)، مما أدى إلى قتلها بمعدل أسرع بثلاث مرات في حواف الغابات مقارنةً بالغابات الداخلية لأن الأشجار الكبيرة في المناطق الداخلية للغابات تعرضت لاضطراب رياح متزايد، وجفاف، وشدة. يسبب ضوء الشمس والتبخر والطفيليات التفتت عند الاقتراب من

حواف الغابة. نظراً لأن مجموعة كبيرة من الحيوانات والكائنات الحية الدقيقة تعتمد على الأشجار في مناخها المحلي المطلوب، والمأوى، والغذاء، لذلك فإنّ تدمير الأشجار الكبيرة له آثار ضارة على التكوين والوفرة والتوزيع في النظم البيئية للغابات.

تعد الغابات الاستوائية غنية بشكل فريد بتنوع الأنواع، حيث تغطي 6 % من سطح الأرض وتحوي على ثلثي جميع أنواع النباتات على الأرض (نحو 170000) وما لا يقل عن 50 % من أنواع النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة الموجودة على كوكب الأرض. يوجد، مثلاً، 425 نوعًا من الأشجار والشجيرات في أقل من هكتار واحد من غابات الأطلسي في البرازيل. وبالتالي، فإن إزالة الغابات الاستوائية يسهم بشكل كبير في فقدان الأنواع النباتية والحيوانية.

لا يمثل فقدان الأنواع خسائر بيئية واقتصادية مُهِمَّة فحسب، بل يمثل أيضاً تكاليفَ اجتماعيةً هائلةً، نظراً لفقدان الأنواع ذات القيمة الصيدلانية التي يمكن أن تنقذ الأرواح أو تحسن نوعية حياة عدد لا يحصى من الناس. الأدوية الموجودة المشتقة من الغابات الاستوائية بلغت قيمتها التجارية 43 بليون دولار أمريكي سنويّاً في عام 1985، وقد قُدّرت قيمة الأدوية المحتملة التي سيجري اكتشافها في الغابات الاستوائية بمبلغ 147 بليون دولار أمريكي.

• مــوت الغابات: الوفـيـات والحشرات ومسببات الأمراض

زاد معدل موت الأشجار الحراجية بين عامي 1976 و 2001 في جميع مناطق الولايات المتحدة، وفي جميع الملكيات، والأخشاب الصلبة والأخشاب اللينة. وأشير إلى تفشي الحشرات في جنوب وغرب الولايات المتحدة وتأثيرات الأعاصير على أنها عوامل مُهمَّة في ارتفاع معدلات الموت بشكل حادٍّ.

طورت معظم النباتات والحيوانات، بمرور الوقت، تدابير لمكافحة الآفات والمرضات التي تحدث بشكل طبيعي. أيضاً، بمرور الوقت، طورت العديد من الكائنات الحية مقاومة للعديد من الأمراض من خلال التكيف الطبيعي. ولكن على مدى القرون العديدة الماضية، حيث صارت وسائل النقل البشري أكثر تنوعاً، فإن الجراثيم التي يضرب بها المثل للعديد من الأمراض قد وصلت إلى أراضٍ بعيدة.

في بيئاتها الجديدة، تصير هذه الأمراض وبائية وتتسبب في دمار غير مسبوق. وسنركز هنا على أمثلة الأنواع المسؤولة عن تدمير مساحات شاسعة من الغابات الأصلية والعديد من مجموعات الأشجار الفردية التي تشغل مناطق جغرافية واسعة.

1. الحشـــــرات

تسببت عثة الغجر (Lymantria Dispar)، التي جرى إحضارها في الأصل إلى الولايات المتحدة في عام 1868 للتزاوج مع ديدان الحرير لتحسين مقاومة الأمراض، في خسائر فادحة في غابات شرق الولايات المتحدة. بدأت العثة في الانتشار بالقُرْب من بوسطن، ماساتشوستس. تشمل المناطق الأكثر تضرراً جبال الأبلاش الجنوبية

وجبال أوزارك وولايات البحيرات الشمالية. يقدر معدل التقدم بنحو 21 كم في السنة. مع أنّها تتغذى على العديد من الأشجار، إلا أنها تتغذى بشكل خاص على أشجار البلوط والحور، مما يؤدي إلى تقشير الأشجار تماماً.

أما حفار الدردار القرمزي (Agrilus Planipennis) فهو حشرة غير أصلية (موطنها أجزاء من آسيا) تهاجم حالياً أشجار الرماد في أجزاء من شمال شرق الولايات المتحدة وتهدد بالانتشار إلى باقي الولايات داخل هذه المنطقة وفي الجانب الاخر. إنه آفة انتقائية؛ تهاجم فقط أشجار الرماد، وهي أعضاء من جنس المُران Fraxinus. اليرقات مسؤولة عن موت الأشجار من خلال تغذيتها على اللحاء الداخلي للأشجار (اللحاء، والخشب الخارجي)، مما يؤدي إلى تقليل قدرتها على نقل الطعام والماء.

نظراً لقدرتها على البقاء في مجموعة متنوعة من ظروف الموقع، كانت أشجار الرماد من بين الأنواع الأكثر شيوعاً المزروعة في البيئة الحضرية وإعادة التحريج. وحتى خريف 2008، قتل حفار الدردار أكثر من 40 مليون شجرة في ميتشيغان (اكتشف لأول مرة في عام 2002) وعشرات الملايين من الأشجار في ولايات أخرى موبوءة. إنه يهدد بتقليل شجر الرماد أو القضاء عليه بشكل كبير في معظم أنحاء الولايات المتحدة ما لم يجرِ تطوير طرق فعَّالة واقتصادية للسيطرة عليه وإدارته.

دودة براعم التنوب وخنافس الصنوبر تدمر الغابات في غرب كندا، وجرى الإبلاغ عن دودة برعم التنوب الغربي (Choristoneura Spp) من كولومبيا البريطانية وأوريغون وأيداهو في بداية القرن العشرين. تتساقط أشجار التنوب وتموت رؤوس الأشجار. خنفساء الصنوبر الجبلية (Dendroctonus Ponderosae)، التي تنتمي إلى المنطقة نفسها، تثقب شقوق لحاء جميع أشجار الصنوبر الغربية.

بعد أن يجري تأسيسها، تتغير أوراق الشجر من الأخضر إلى الأصفر إلى الأحمر. في السنوات الـ 12 الماضية، دمرت الخنافس الأشجار على مساحة 8.9 مليون هكتار - 1.58 مليون هكتار في عام 2007 وحده - في كولورادو وأيداهو ومونتانا وأوريغون وواشنطن ووايومنغ. مع ارتفاع درجات حرارة الهواء، صارت الإصابة منتشرة ومكثفة.

2. الأمراض

آفة الكستناء (Cryphonectria Parasitica) هي مرض فطري قضى فعليّاً على أشجار الكستناء الأمريكية (Castanea Dentata) من المنحدرات والتلال العُليا للنظم البيئية للغابات في شرق الولايات المتحدة، حيث كانت ذات يوم من الأنواع المهيمنة. كانت هذه الأشجار الرائعة ذات يوم من بين الأسرع نموًّا، حيث بلغت ارتفاعات تزيد على 30 متراً وانتشار التاج يقترب من 30 متراً. لقد كانت المادة الخام لصناعة الغابات المزدهرة، وحالياً ذهبت. يصيب المرض اللحاء الداخلي (اللحاء) والكامبيوم، مما يؤدي في النهاية إلى تحزيم الشجرة. نظراً لأن طوق الجذر وجذور الكستناء مقاومان نسبيّاً، فإن عدداً كبيراً من أشجار الكستناء الأمريكية الصغيرة لا يزال موجوداً كبراعم من أنظمة الجذر الحالية.

اليوم، لم يُعرف سوى مجموعتين صغيرتين من المجموعات الأصلية الباقية على قيد الحياة، واحدة في شمال جورجيا، والأخرى في شمال شرق ولاية أوهايو. من المثير للاهتمام أن نلاحظ مع أنَّ هذه الفطريات نشأت في الصين، إلا أن ضراوتها غائبة في الكستناء الصيني (Castanea Molissima).



لليسار: إحدى أشجار الكستناء الأمريكية القليلةِ المتبقية (Castanea Dentata) من مخزون الغابات الممتدة في مكان ما في مقاطعة ترونبول، أوهايو (أبلغ عنها لأول مرة في يونيو 2007). **لليمين:** تنمو الكستناء الصيني (Castanea Mollissima) على بُعْد أقل من 20 مترًا. لاحظ (أ) الطبيعة المستقيمة والمنتشرة للشجرتين؛ (ب) أوراق الكستناء الأمريكية مصابة بالفعل بآفة الكستناء، ولكن ليس كذلك الكستناء الصيني.

مرض الدردار الهولندي (Ophiostoma Sp) هو مرض فطري يصيب أشجار الدردار وينتشر عن طريق خنافس لحاء الدردار (Scolytus Multistratus)، وخنفساء الدردار الأوروبي، وخنفساء الدردار الأمريكية الأصلية. قدمت لأول مرة إلى الولايات المتحدة نحو عام 1930 وانتشرت بسرعة بعد ذلك، مما أدى إلى موت الأشجار المصابة.

بمجرد الإصابة، تنتج أشجار الدردار (سدادات) (تيلوز) في خلايا نسيجها كاستجابة دفاعية لمنع انتشار الفطريات. تدمر هذه السدادات في النهاية قدرة نسيج الخشب على نقل المياه والمواد المغذية من الجذور إلى تاج الشجرة، وتموت الشجرة. كان لمرض الدردار الهولندي تأثير مدمر في كل من النظم البيئية المحلية والحضرية في الولايات المتحدة.

يعتبر الدردار مكوناً مُهمّاً للعديد من النظم البيئية الطبيعية، بخاصة في شرق الولايات المتحدة وفي مناطق الشاطئية والمناطق ذات التربة الرطبة. بسبب شكله المهيب الذي يشبه المزهرية، كان الدردار الأمريكي من بين الأشجار الأكثر شيوعاً في الغابات الحضرية وقد اختفى معظمها اليوم.

• حرائق الغابات

تعتبر حرائق الغابات والمراعي الدورية، عاملاً بيئيّاً مُهمّاً في أجزاء كثيرة من العالم وبخاصة في غرب الولايات المتحدة. كانت النار عاملاً منتشراً لدرجة أن علماء البيئة صاغوا مصطلح (ذروة النار) Fire Climax، في إشارة إلى تلك المجتمعات التي تحافظ عليها النيران.





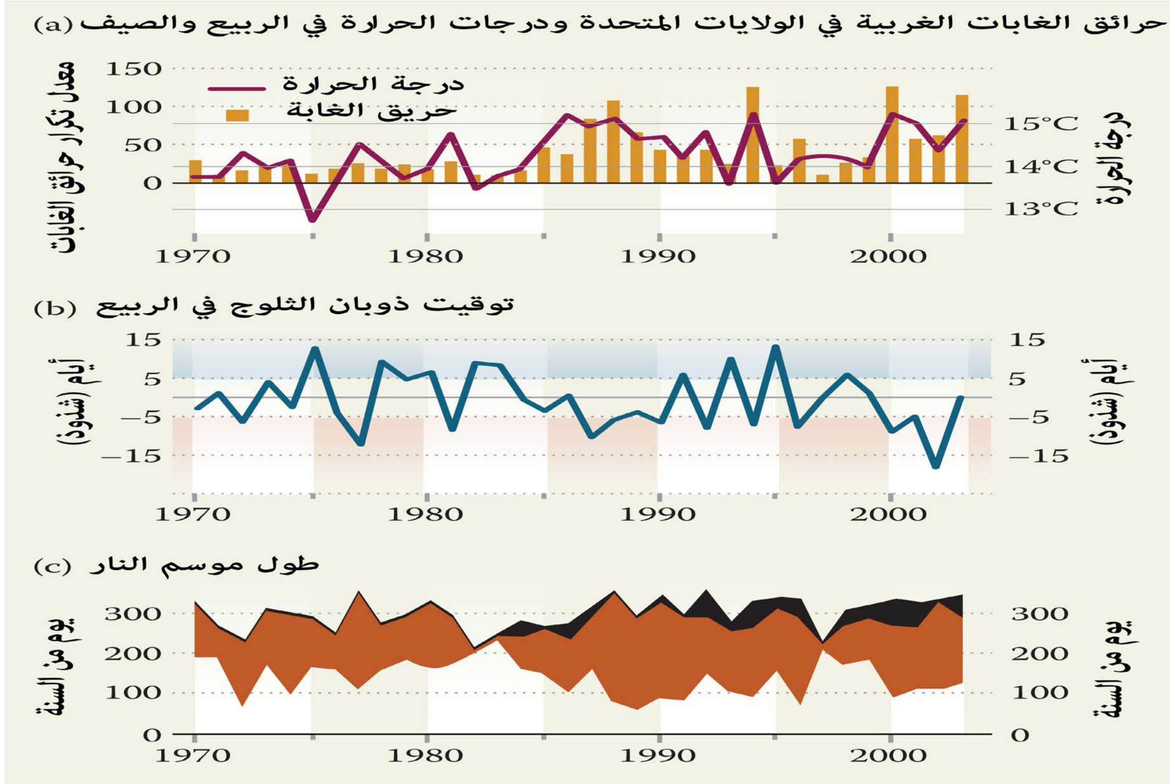
تعتبر التربة العضوية مصدراً أساسيّاً لانبعاثات الكربون لإثناء حرائق الغابات الشمالية الكندية. وتكوّن التربة التي تتفادى الاحتراق ما يُسمى بـ (مخزن الكربون القديم)، الذي يُساعد على جعل هذه الغابات مصارف للكربون النقي. ويمكن لزيادة حجم ومعدلات حدوث الحرائق وشدتها أن تحوّل الغابات اليافعة إلى مصدرٍ نقي لكربون الغلاف الجوي، وبالتالي ستعبث بتوازن الكربون في الغابات الشمالية الكندية.

بالنسبة للعديد من أنواع الأشجار الشمالية، تعتبر النار مُهمَّة للتجديد، وخدش البذور، وتقليل تدهور القمامة على المدى الطويل، وإتاحة عناصر الرماد، وفتح الستائر للسماح بدخول الضوء. وبالتالي، كان الحريق في مثل هذه الحالات جزءاً لا يتجزأ من مجمع بيئي.



تشريح حريق هائل: (1) يمكن أن تتسلق النار في أوراق الشجر على أرضية الغابة إلى أغصان الأشجار السفلية. وهذا ما يسمى حريق السلم. (2) تنتشر النار في تاج الشجرة، فتغذي نفسها بالأكسجين المسحوب من الأسفل (مثل المدخنة). (3) يمكن للجمر العائم، الناتج عن تيارات الحمل الحراري، أن يشعل الوقود الجاف بعيداً عن النار. (4) الغازات الساخنة المتصاعدة في عمود من أوراق الشجر الجهنمية أعلاه للاشتعال.





(a) التكرار السنوي لحرائق الغابات الكبيرة (< 400 هكتار) في غرب الولايات المتحدة (القضبان) ومتوسط درجة الحرارة من مارس إلى أغسطس في غرب الولايات المتحدة (الخط). (b) المكون الرئيسي الأول للتوقيت المركزي لتدفق التيار في التيارات التي يغلب عليها ذوبان الجليد. تشير القيم المنخفضة (التظليل الوردي) والمتوسط (بدون تظليل) والعالية (التظليل الأزرق الفاتح) إلى التوقيت المبكر والمتوسط والمتأخر للذوبان الثلجي، على التوالي. (c) الوقت السنوي بين أول وآخر اشتعال كبير للنيران وآخر سيطرة على الحرائق الكبيرة.

ما تغير في السنوات الأخيرة هو أن الحرائق صارت أكثر تواتراً، واستمرت لفترة أطول، وأدت إلى حرق الأشجار التي كانت تعتبر شديدة النيران، وتسببت في تدمير الممتلكات وموت البشر والحياة البرية، واشتدت حدة الحرائق. كانت حرائق الغابات الأخيرة أقل من حيث العدد ولكنها كانت أكبر بكثير من حيث

المساحة. تسببت حرائق الغابات في احتراق أكثر من 5 ملايين فدان في ألاسكا خلال شهري يوليو وأغسطس من عام 2004. واحترق أكثر من 190 ألف فدان في ولاية تكساس خلال فترة 24 ساعة في الفترة من 6 إلى 7 مارس عام 2006.

في عام 2007، احترق أكثر من 500000 فدان في أكتوبر في جنوب كاليفورنيا. كانت الخسائر هائلة، حيث بلغت بليونات الدولارات من الموارد الخشبية، والممتلكات المبنية المفقودة، والوفيات البشرية والتهجير. كانت المخاطر الصحية من الآثار المرتبطة بالتلوث حادَّة، مما تسبب في الربو والتهاب الشعب الهوائية وتهيج الجلد والعين.

يتضح كيف صارت حرائق الغابات مصدر قلق كبير من خلال الاهتمام الذي تلقته القضية من العلماء وواضعي السياسات ووسائل الإعلام. لدرجة أن قناة سي بي إس خصصت برنامج 60 دقيقة لـ (عصر الحرائق الضخمة).

قُدّمت العديد من التفسيرات لكل من كثافة وحجم الحرائق، بخاصة في الولايات المتحدة. أحدها هو اقتراح أن السياسات الحراجية في الماضي عملت على تثبيط حرائق الغابات، مما أدى إلى تراكم القمامة على أرضية الغابة وسمح بزيادة كثافة الغابات، وبالتالي توفير الوقود اللازم للنار. أيضاً، اقترب سكن الإنسان بشكل خطير من حدود الغابات، التي تقلصت وصنعت قفزة لإشعال حريق غابة لسكان البشر بسهولة. كلا الاقتراحين لهما ميزة.

تهدد ظروف الحرائق المتكررة وجود مجتمعات الغابات كما نعرفها. لذلك من دواعي السرور أن صانعي السياسات قد أدركوا إلحاح حرائق الغابات في الظروف البيئية المتغيرة.





حرائق هائلة في الغابات الشمالية الكندية تأكل أعداداً كبيرة من أشجار التنوب الأسود.

• تحديــــــات إدارة الغابــــــات

إذا أردنا الاحتفاظ بالمنافع العالمية والمحلية للنظم الإيكولوجية للغابات، فلا بد من وقف إزالة الغابات. حيث إنّ إزالة الغابات هي النتيجة المباشرة لإجراءات مثل الاستغلال التجاري لحصاد الأخشاب وتطهيرها للزراعة وتربية المواشي، والتنمية الحضرية الصناعية (الإسكان، والتعدين، وشبكات النقل، والسدود)، واستخدامات الأراضي غير الحراجية الدائمة الأخرى.



ومع ذلك، فإن هذه الإجراءات المباشرة لا تكمن فقط في مشكلات إدارة الغابات الفنية، وإنما أيضاً في التحديات الاجتماعية والاقتصادية المذهلة الوطنية والدولية التي يجب معالجتها من خلال السياسات والإجراءات الوطنية والدولية.

إذن، ستوفر النظم الإيكولوجية للغابات في العالم الزيادة المتوقعة في الطلب على منتجات الغابات بينما تلبي في الوقت نفسه الطلب المتزايد على المنتجات غير الخشبية، والمرافق، والفوائد؟ من المؤكد أن غابات النمو القديمة والثانية الموجودة في العالم ستكون من المساهمين المهمين.

اعتماداً على مساحة الغابات المحددة، سيتراوح استخدامها للمنتجات الخشبية بلا شك من لا شيء (باستثناء، ربما، جمع حطب الوقود) إلى تلك المدارة بشكل مكثف إلى حد ما لإنتاج موارد متعددة، بما في ذلك الأخشاب.

من الأسئلة الإدارية الواضحة جدّاً بالنسبة للغابات ذات النمو القديم والنمو الثاني هو من سيتخذ القرارات المتعلقة بكيفية إدارة كل منطقة من مناطق الغابات، وما هي الموارد التي ستدار بها، وما هي المعايير التي ستتخذها تلك القرارات؟

من المرجح أن تؤدي المزارع دوراً متزايداً في توفير منتجات الأخشاب؛ لأنها ستدار بشكل أساسي لإنتاج منتجات الأخشاب مع توفير مزايا ووسائل راحة أخرى، وبالتالي تقليل الطلب على هذه المنتجات من غابات النمو القديم والثاني.

يمكن إدارة المزارع التي جرى إنشاؤها خصيصاً لإنتاج منتجات الأخشاب بأطوال دورات أقصر وأكثر اقتصاداً باستخدام تقنيات زراعة الغابات الأكثر

كثافة مثل إعداد الموقع والتخصيب والإدارة المتكاملة للآفات والقطع الوسيط وتقنيات الحصاد والتجديد التي ستكون أقل ملاءمة للغابات الطبيعية المُدارة لمزيج أوسع من المنتجات والمزايا غير المسوقة ووسائل الراحة.

حالياً، تشغل المزارع في جميع أنحاء العالم مساحة تعادل 3.4 % من إجمالي مساحة الغابات ولكنها تنتج ما يقرب من 25 % من إجمالي إمدادات الأخشاب الصناعية. وقد قُدّر أنّ الطلب العالمي الحالي على الأخشاب الصناعية المستديرة يمكن تلبيته من 0.15 بليون هكتار من الغابات المزروعة (ما يعادل 4 % من الغابات العالمية الحالية) تنمو بمعدل 10 أمتار مكعبة في السنة الواحدة. مع أنّ هذا قد لا يتحقق على المدى القصير، إلا أنه يضع في الاعتبار المساهمة المحتملة التي يمكن أن تقدمها المزارع.

يمكن أن يسهم الاستخدام الأفضل للأشجار المقطوعة والمنتجات الثانوية لتصنيع الأخشاب في تلبية الطلب المستقبلي على الأخشاب بشكل فعَّال من خلال الاستفادة من بقايا الحصاد المتبقية حالياً في الغابة كأغصان وفروع منخفضة الجودة (تقدر بما يصل إلى 38 % من الحجم في بعض الحالات) أيضاً كمخلفات التصنيع التي هي منتج ثانوي لنشر وطحن المنتجات الاستهلاكية من الخشب، مثل (نشارة الخشب، وفضلات الخشب).

يمكن استخدام الكثير من هذه المخلفات لإنتاج منتجات خشبية هندسية، وزيادة العائد الإجمالي من الغابة وتوفير بديل مناسب للخشب الصلب للعديد من التطبيقات. كما سيؤدي التوسع في إعادة التدوير واستبدال المنتجات إلى تقليل الطلب المستقبلي على الألياف الخام ومنتجات الأخشاب. لكن علينا أن نجعل التحولات سلسة.



كانت التطورات الأخيرة في أبحاث الغابات مشجعة جدّاً من نواح عدة. يدرك مجال الحراجة الزراعية التفاعل بين الأراضي الزراعية والغابات وبالتالي فإنّ الحراجة الزراعية هو اسم جماعي لأنظمة استخدام الأراضي حيث تُدمج النباتات الخشبية المعمرة عمداً مع المحاصيل و / أو الحيوانات في وحدة إدارة الأراضي نفسها. يمكن أن يكون التكامل إما في خليط مكاني وإما في تسلسل زمني. عادةً ما تكون هناك تفاعلات بيئية واقتصادية بين المكونات الخشبية وغير الخشبية في الحراجة الزراعية.

وبالمثل، أُطلقت مبادرة في مجال الحراجة الاجتماعية تعترف بالصلة الوثيقة بين سكان الريف وحطب الوقود والأخشاب والنباتات الطبية والأعلاف. حيث إنّ هذه الخدمات تأتي من الغابات الأصلية معروفة جيداً لجميع السكان الأصليين. لقد اكتسب مجال الحراجة الاجتماعية والحراجة المجتمعية اعترافاً وفائدةً على نطاق واسع في بعض المناطق، مثلاً الهند.

جرى مؤخراً استكشاف أهمية مستجمعات المياه في الغابات في وجود أسماك المياه العذبة ومدى حياتها وبقائها بطريقة أنيقة. حيث لاحظ الباحثون أن مثل هذه الأسماك تشمل أكثر من 10000 نوع من أنواع المياه العذبة. وبالتالي، فإن الترابط بين مستجمعات المياه في الغابات والجداول والأنهار ومصبات الأنهار والأسماك والبشر مُهمَّة.

• حلــــول مشكلة اســتخدام الأراضي ومـــوارد الغابــات

1. أفضـل حـل لإزالـة الغابـات هـو الحـد مـن قطـع الأشـجار مـن خـلال فـرض سلسـلة مـن القواعـد والقوانـين التـي تحكـم ذلـك. ربمـا تقلصـت إزالـة الغابـات في السـيناريو الحالـي؛ ومـع ذلـك، سـيكون مـن السـابق لأوانـه الافـتراض أن ذلـك ممكـن فعـلاً. قـد تكـون طبيعـة المـوارد الحرجيـة المقلقـة للمـال مغريـة بمـا يكفـي لاسـتمرار إزالـة الغابـات.

2. تجنب أن تجعل من الغابات مكب للنفايات أو القمامة بأنواعها كافة.

3. تجنـب إشـعال الحرائـق أو النيـران بشـكل لا يمكـن السـيطرة عليـه عندمـا تكـون في رحلـة إليهـا.

4. إعـادة التحريـج والتشـجير. يجـب حـث الأراضـي المزروعـة بغلافهـا الشـجري للمسـتوطنات الحضريـة علـى زراعـة الأشـجار في المنطقـة المجـاورة واسـتبدال الأشـجار المقطوعـة. كمـا يجـب الاسـتعاضة عـن التقطيـع بزراعـة الأشـجار الصغيـرة لتحـل محـل الأشـجار القديمـة التـي تم قطعهـا. تُـزرع الأشـجار في إطـار العديـد مـن المبـادرات كل عـام، لكنهـا لا تـزال غيـر مطابقـة للأرقـام التـي فقدناهـا بالفعـل.

5. القيـام بأعمـال خضـراء مثـل إعـادة الاسـتخدام وإعـادة التدويـر. يمكـن للطـرق الخضـراء للإنتـاج واسـتخدام المـوارد أن تقلـل بشـكل لا يقـاس مـن إزالـة الغابـات. علـى وجـه الخصـوص، يتـم التركيـز علـى إعـادة اسـتخدام العناصـر، وتقليـل اسـتخدام العناصـر الاصطناعيـة، وإعـادة تدويـر المزيـد مـن العناصـر. يرتبـط الـورق والبلاسـتيك والخشـب بتدميـر الغابـات والمـوارد الطبيعيـة الأخـرى.

6. حظر قطع الغابات بشكل واضح. وهذا سيؤدي إلى الحد من النضوب الكلي للغطاء الحرجي. لذلك فإنه حل عملي بل عملي جداً.

7. تقليل استهلاك الورق. يشمل استهلاكك اليومي للورق طباعة الورق، والمفكرات، والمناديل، وورق التواليت، وما إلى ذلك. حاول تقليل الاستهلاك، وتقليل هدر الورق، واختر أيضاً المنتجات الورقية المعاد تدويرها. اجعل الحياة بسيطة مثل الطباعة / الكتابة على كلا وجهي الورقة، واستخدام ورق تواليت أقل، وتجنب الألواح الورقية، والمناديل وحيثما كان ذلك ممكناً، ولا تستخدم الورق.

8. علّم الآخرين. قم بتثقيف أصدقائك وعائلتك ومجتمعك من خلال مشاركة حقائق إزالة الغابات وأسبابها وآثارها. يمكنك إحداث تأثير.

9. قلل من تناول اللحوم. أصبحت تربية الماشية أحد الأسباب الرئيسية لإزالة الغابات. حاول أن تأكل كميات أقل من اللحوم. قد يكون من الصعب على بعض الناس المحاولة. ومع ذلك، فإن تناول كميات أقل من اللحوم، حتى لوجبة واحدة فقط في اليوم، سيكون له تأثير كبير في البيئة.

10. الشراء من الشركات المستدامة والصديقة للغابات. حاول الشراء من الشركات الملتزمة بالحد من إزالة الغابات.

11. الحد من استهلاك المنتجات المعرضة لإزالة الغابات. زيت النخيل عنصر شائع في كل شيء نراه من حولنا. اجعل إلقاء نظرة سريعة على المكونات عادة بسيطة. فول الصويا هو نقطة ساخنة أخرى لإزالة الغابات.

مشكلة استخدام الأراضي للتنقيب عن الموارد المعدنية والفحم

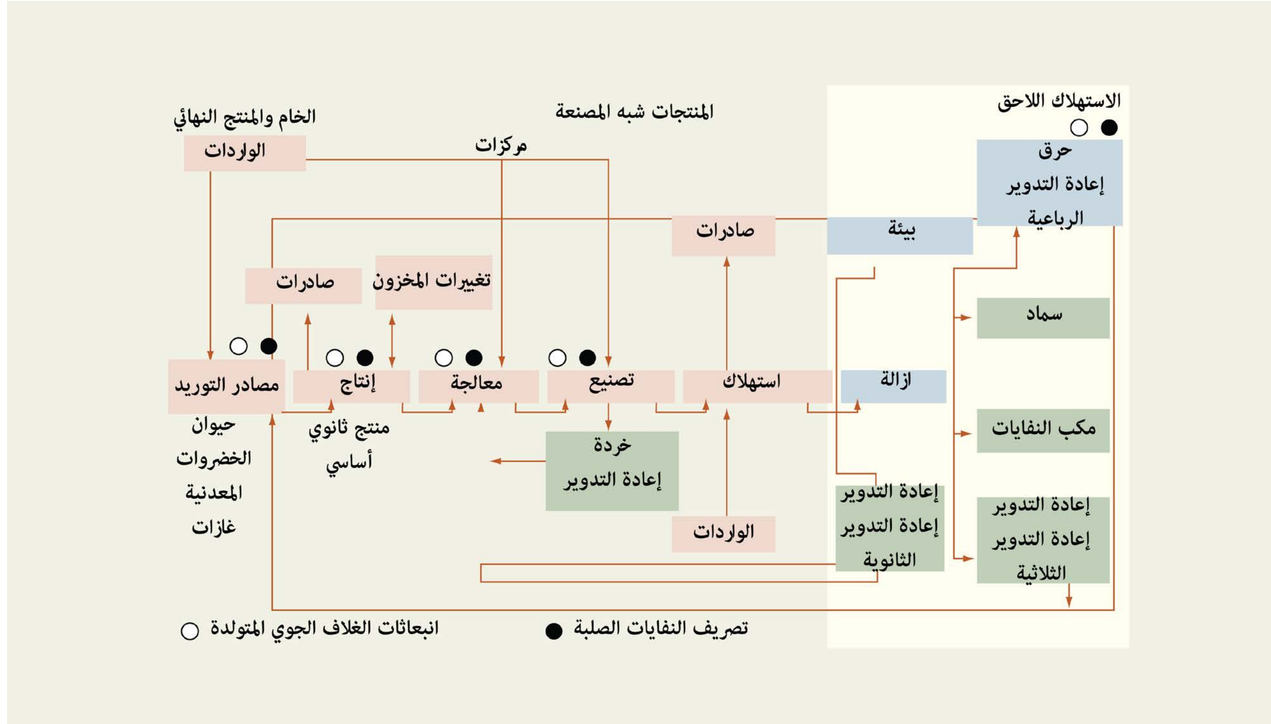
لقد كان البشر يستخرجون المعادن والخامات من الأرض منذ آلاف السنين. حيث جرى إنتاج سبائك نحاسية بنقاوة 99.5 % في منطقة صحراء النقب منذ أكثر من 13000 عام، ويرجع تاريخ فن صناعة الزجاج ونفخ الزجاج إلى 4000 قبل الميلاد.

ومع ذلك، فإن ما تغير في هذا القرن هو الحجم الهائل والتنوع الهائل لآلاتنا الحديثة، من الطائرات النفاثة الجامبو والرافعات التي تتحرك على الأرض، والتي يبلغ طولها طوابق عدة إلى رقائق السيليكون الأصغر من عشرة سنتات. تحوي هذه، مثل جميع الآلات الأخرى، على كميات متفاوتة من المعادن والخامات المُعالجة.

مثلاً، تأتي السيارات بأشكال وأحجام وألوان تعد ولا تحصى، ويحوي كل منها على مئات الكيلوجرامات من المعادن والبلاستيك. وبالمثل، كانت الأجهزة مثل الغسالات والثلاجات بيضاء اللون حتى الستينيات، ثم مع تغير أزياء اليوم، صارت هذه الأجهزة بلون الأفوكادو أو الذهب في السبعينيات، واليقطين المحروق في أوائل الثمانينيات، والفولاذ المقاوم للصدأ أو النحاس في التسعينيات.

لا نعرف لماذا تتغير ألوان الأجهزة كل بضع سنوات أو من يضبط تغيير اللون في الحركة. النقطة المُهمَّة هي أن كل هذه الآلات، كبيرة كانت أم صغيرة، تستلزم استخدام مواد مصنعة بوساطة عمليات معقدة.

يجب استخراج كل هذه المواد من الأرض، ومعالجتها بعدة طرائق، وإعادة تشكيلها وإعادة صياغتها إلى منتج مرغوب، ثم التخلص منها أو إعادة تدويرها بعد الاستخدام. تستلزم كل خطوة تحويل سطح الأرض، واستخدام الطاقة، والعديد من التأثيرات المحلية والإقليمية على الهواء والماء والكائنات الحية.



دورة حياة المعادن من الاستخراج والاستيراد إلى المعالجة حتى الاستخدام النهائي والتخلص منها.

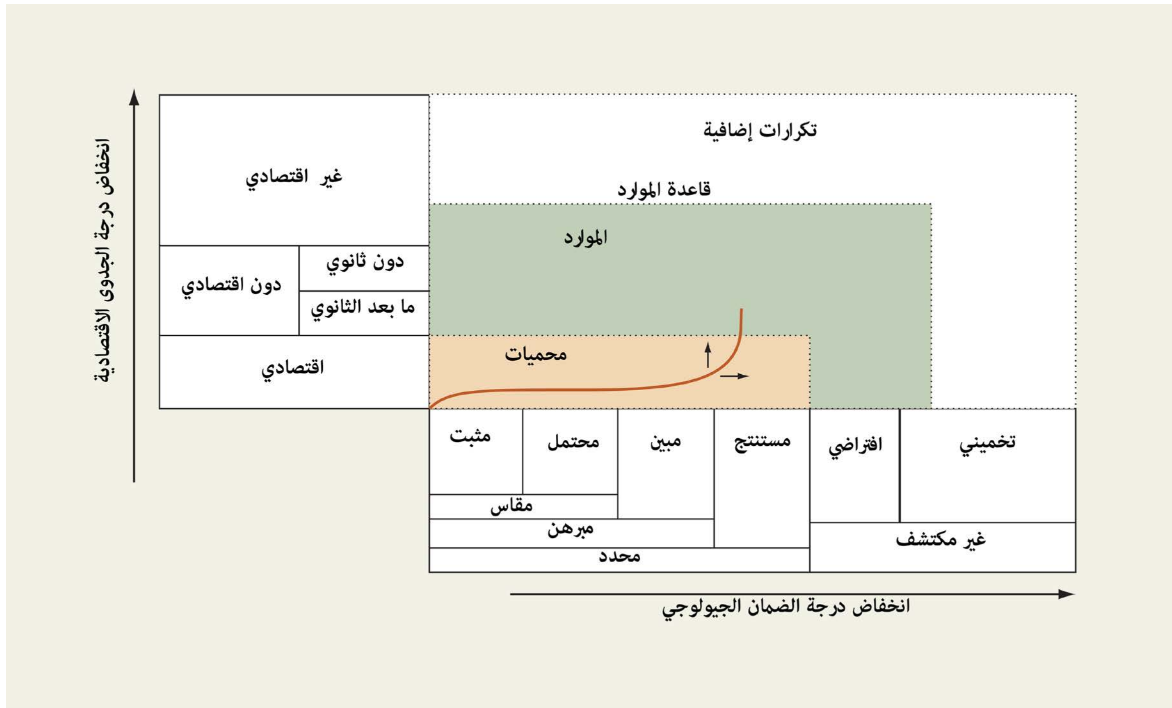
• أنــــواع المعــــادن

المعادن هي في الغالب موارد طبيعية غير متجددة؛ أي أن توافر مخزونها الإجمالي للبشر يعتبر ثابتاً على نطاقات زمنية طويلة. المعادن هي مواد غير عضوية تحدث بشكل طبيعي (عناصر ومركبات ومجموعة من العناصر والمركبات) بترتيب ذري منظم؛ قد يكون عضوي وغير عضوي في الأصل.

تشمل الموارد المعدنية المواد والمعادن والوقود الأحفوري والنووي والمغذيات الضرورية للعمليات الصناعية والزراعية والتكنولوجية وإنتاج السلع الاستهلاكية. إذاً المورد المعدني هو تركيز مادة صلبة أو سائلة أو غازية تتشكل بشكل طبيعي،

ضمن أو فوق قشرة الأرض، بالشكل والمقدار الذي يكون فيه الاستخراج الاقتصادي لسلعة من التركيز ممكنًا حالياً أو محتملاً.

لكي يُعتبر المورد احتياطيّاً معدنيّاً، يجب أن يكون قابلاً للاستخراج اقتصاديّاً وبيئيّاً وقانونيّاً. إنّ الاحتياطيات المعدنية المؤكدة هي تقدير لتلك التي يمكن استخراجها بشكل مربح للاستخدام البشري باستخدام التكنولوجيا المتاحة حالياً، في حين أن الاحتياطيات القابلة للاسترداد هي تقديرات للموارد المعدنية التي من المحتمل أن تكون متاحة للاستخدام البشري في المستقبل.



صندوق ماكلفي والعلاقة بين الكمية والتكلفة لاستعادة موارد الهيدروكربون.

تسمى بعض الموارد بالمعادن الاقتصادية عندما تكون مركزية في اقتصاد الأمة؛ ويسمى البعض الآخر بالمعادن الاستراتيجية عندما تكون ذات أهمية غير

عادية للدفاع العسكري لدولةٍ ما. يمكن تصنيف المعادن بشكل أساسي إلى مجموعتين: المعادن الوفيرة بكثرة جيوكيميائيّاً وتلك النادرة جيوكيميائيّاً.

المعادن الوفيرة جيوكيميائيّاً تشكل بصورةٍ فردية 0.1 % أو أكثر من قشرة الأرض من حيث الوزن، وتشمل: الحديد، والألومنيوم ، والسيليكون، والمنغنيز، والمغنيسيوم، والتيتانيوم. وتشكل المعادن النادرة جيوكيميائيّاً بشكل فردي أقل من 0.1 % من قشرة الأرض من حيث الوزن، وتشمل: (النحاس، والرصاص، والزنك، والموليبدنيوم، والزئبق، والفضة، والذهب).

الوقود الأحفوري والنووي هو موارد معدنية أو عضوية غير متجددة وتشمل البترول والفحم والغاز الطبيعي كوقود أحفوري واليورانيوم والثوريوم كوقود نووي. تشمل الموارد المعدنية المتبقية جميع تلك المواد، مثلاً: (الغرانيت، والبازلت، والرمل) والمغذيات، مثلاً: K ، P ، (N ، و Ca) التي تستخدم لأغراض أخرى غير المعادن وخواصها المحتوية على الطاقة. تُعرف الرواسب المعدنية باسم الخام عندما تكون كمية الصخور الحاملة للمعادن لكل حجم معين (درجة) عالية بما يكفي لجعل التعدين مجدياً اقتصاديّاً.

• التنقـــيب عن المعـــادن

يجب العثور على خاماتٍ بكميات كبيرة بما يكفي لجعلها مربحةً اقتصاديّاً للتعدين والمعالجة، لذلك يبدأ إنشاء التعدين بالتنقيب عن المعادن. حيث يقوم المحترفون المدربون والمنقبون الهُواة المطلعون على التكوينات الصخرية التي ترتبط بها خامات معدنية محددة بالخطوة الأولى لتحديد الخامات.

قد يأتي أحد الأدلة من الغطاء النباتي. حيث تنمو بعض النباتات في موائل ذات تركيزات عالية من العناصر، مثل: (النيكل أو النحاس أو السيلينيوم)، والبعض الآخر يُظهر امتصاصاً تفضيلياً بفضل المسارات البيوكيميائية المتخصصة التي تطورت عبر التاريخ. يشار إلى هذه أيضاً باسم نباتات المؤشر لأن حدوثها ووفرتها قد يشير إلى كمية ونوعية وهوية الخامات المعدنية.

يتبع الاستكشاف الأولي تحليلات ميدانية جيولوجية وجيوفيزيائية وجيوكيميائية مفصلة وتحليلات معملية تركز على الرواسب الأكثر تركيزاً في منطقة ما. المرحلة الأخيرة هي التحقق من الأبعاد الاقتصادية، أي ربحية تعدين الخام. وقد أشير إلى هذه العملية المكونة من ثلاث خطوات للتحديد والجدوى والتطوير على أنها مبدأ التقريب المتتالي.

• الاستخراج من الأرض

بعد استكشاف الجدوى الاقتصادية للمعدن أو الخام، فإن الخطوة الآتية هي استخراج الخام من الأرض. توفر رواسب الفحم الموجودة في العديد من الولايات في الولايات المتحدة أمثلة ممتازة على الاستخراج. حتى وقت قريب، كانت الرواسب القريبة من السطح تُستخرج عادة بطرق التعدين السطحي، لكن الرواسب الموجودة في أعماق الأرض جرى استخراجها عن طريق التعدين تحت الأرض. حيث تتضمن العملية الأخيرة حفر العديد من الثقوب وإنشاء ممرات تحت الأرض؛ للحماية من انهيار الأعمدة، ويجري بناء شبكة من الأعمدة لتوفير الدعم.

إنّ التعدين تحت الأرض مكلف، ولا يسمح باستخراج أكثر من 60-40 % من الخام، وهو بطبيعته خطر على عمال المناجم بسبب احتمال الانهيار. ففي حالة الفحم، تسبب التعدين تحت الأرض في خسائر فادحة في صحة عمال المناجم، سواء من مرض الرئة السوداء الناجم عن استنشاق غبار الفحم وموت عمال المناجم بسبب انهيارات المناجم والانفجارات.

تعمل تقنيات التعدين الحديثة ذات الجدران الطويلة على إزالة جميع أعمدة الدعم بشكل أساسي وتسمح بانهيار المواد العلوية مع تقدم عملية التعدين؛ لذلك يشكل الهبوط الهائل لسطح الأرض مصدر قلق بيئي خطير.

في السنوات الأخيرة، انتشر التعدين السطحي في جميع أنحاء العالم لأسباب عدة. إنها أقل تكلفة من التعدين تحت الأرض، واستعادة المواد المرغوبة أفضل بـ 90 %، وهي أقل تهديداً لصحة وحياة عمال المناجم. يستلزم التعدين السطحي إزالة الأثقال، أي المواد التي تغمر الرواسب المعدنية أو الفحم. تتكون عمليات التعدين السطحي بشكل عام من التعدين المكشوف (كميات كبيرة ومعدلات عالية من استخراج المعادن) والتعدين الشريطي (استخراج طبقات مسطحة من المعادن تحت السطح مباشرة). وتمثل العمليتان معاً ثلثي إنتاج المعادن الصلبة في العالم، مثل: (الرمل والحصى والحجر والفوسفات والفحم والنحاس والحديد والألومنيوم)، و95 % من الاستخراج في الولايات المتحدة.

تجري إزالة الغطاء الفوقي (الصخري أو الترابي) من خلال ثلاث طرائق رئيسية: استخدام خطوط السحب Draglines، وحفَّارات الدلو Bucketwheel Excavators، ومجارف الطاقة Power Shovels. إن خط السحب عبارة عن آلة ضخمة ذاتية الدفع وذات ذراع يعمل على تشغيل دلو ضخم يزيل الغطاء الفوقي. يُسمى أكبر خط

سحب في العالم باسم بيغ موسكي Big Muskie ووزنها 27000 طن، مع ذراع بطول 94 متراً ودلو 168 متراً مكعباً.

يمكن أن تزيل الجرافة 325 طنّاً من المواد الترابية، بما في ذلك الصخور، في غَرفةٍ واحدة. يمكن أن يتأرجح ذراع الرافعة من 90 إلى 180 درجة ويضع المواد المحفورة في سلسلة من التلال والأخاديد، مما يخلق خنادق موازية لبعضها بعضاً، يشار إليها باسم (الأحواض الفاسدة). وحتى تدخل الضوابط التشريعية الأخيرة حيز التنفيذ، دُفنت الطبقات العُليا من الأرض العميقة، وشكلت الطبقات العميقة السطح الجديد. هذا المطلب جعل بيغ موسكي من تراث الماضي.

أما مجارف الطاقة فهي تعمل في حفر المنجم وتحفر المواد من وجه الرواسب باستخدام مجارف التجريد. تحوي هذه المجارف على دلاء أصغر، لا يتجاوز حجمها عادةً 30 متراً مكعباً. تسمح هذه الطريقة بفصل المواد، بينما لا يمكن لخط السحب القيام بذلك. حفَّارات الدلو عبارة عن آلات مثبتة على زاحف تعمل باستمرار على الحفر، والنقل، وترسيب الرواسب الزائدة.

لديها عجلة وعدة دلاء لحفر الغطاء الفوقي وإسقاطه على حزام ناقل مستمر ينقل المواد إلى حوض التالف. من المتفق عليه عموماً أن خطوط السحب هي التي تسبب معظم الاضطرابات في الأرض. تتطلب القوانين الجديدة في العديد من البلدان حالياً فصل مواد التربة السطحية لاستبدالها لاحقاً، مع أنّ إنفاذها غالباً ما يكون متساهلاً.

مع أنّ أساليب التعدين السطحي لم تتغير إلا في مداها وحجمها في هذا القرن، فقد أضفنا الآن بُعدًا جديدًا - إزالة قمم الجبال. في الولايات المتحدة،

ازداد نطاق ممارسة قطع رؤوس الجبال فعليّاً لكشف طبقات الفحم بشكل كبير. لا تُستبدل المواد المزالة أبداً من حيث نشأت، بل يجري دفعها إلى الوديان المجاورة.

في ولاية فرجينيا الغربية وحدها، يشير تقرير صدر في نوفمبر 2005، إلى أن أكثر من 120000 هكتار من الجبال قُطعت رؤوسها، وقام عمال المناجم بملء نحو 1000 ميل من الجداول بالركام. مع عدم انتشار هذا النوع من التعدين، إلا أنه يوجد أيضاً في كنتاكي وأوهايو وبنسلفانيا.



مستودعات ضخمة لحمأة الفحم يسمح لها بحمل 9 بلايين غالون من حمأة الفحم بالقُرْب من وايتسفيل، في فرجينيا الغربية، 19 أكتوبر 2003.

توسع تعدين الفحم في غرب الولايات المتحدة بشكل كبير منذ أزمة الطاقة عام 1973. وقد أسهم عدد من الأسباب في كل من جدوى وربحية هذا التوسع:

أولاً: يبلغ سمك طبقات الفحم في الغرب 10-30 متراً.

ثانياً: تكون المادة الترابية الموجودة أعلى طبقات الفحم ضحلة نسبيّاً (30-50 م).

ثالثًا: مناجم التعدين السطحي 95 % أو أكثر من الفحم الذي سيجري حفره من الأرض.

رابعاً: الكثافة السكانية في شرق الولايات المتحدة أقل بكثير من المناطق الحاملة للفحم في الغرب. أثارت هذه النقطة استياء السكان الأصليين والمتجنس في الغرب. وهكذا، في العديد من المقالات، وصف الغرب بأنه مستعمرة الشرق. ومع ذلك، خفت هذه المشاعر إلى حد كبير لسببين:

- ولدت التنمية الاقتصادية ضرائب للحكومة وأرباحاً للأفراد.
- قدمت القوانين المنقحة والجديدة التأكيد على أن الأراضي المعدنة ستعود إلى الإنتاجية البيولوجية، ولن يتم التخلي عنها، كما كان الحال حتى أوائل السبعينيات. في الواقع، أنشأ القانون الفيدرالي برنامج أراضي المناجم المهجورة (AML) لاستصلاح هذه الأراضي واستعادتها لبعض الاستخدامات.

شكل آخر من أشكال التعدين، هو المحاجر الذي يشير إلى منجم مفتوح يُستخرج منه الخام أو الفحم أو الحجر أو الحصى. يمكن أن تترك هذه الطريقة فجوة هائلة في الأرض وأكواماً ضخمة من النفايات الصخرية (المخلفات). تشمل طرائق الاستخراج الأخرى إزالة المواد غير المجمعة من الأنهار والجداول

والبحيرات والبحار (تسمى التجريف)، واستخراج الموارد المعدنية السائلة والغازية (الحفر)، والتعدين الهيدروليكي والمحاليل.

مع أنّ أنشطة التعدين لا تزعج مساحة كبيرة في حد ذاتها على أساس الاستخدام العام للأراضي، إلا أنّ التأثيرات على البيئة - الأرض والمياه والهواء - هائلة. إن نشاط تحريك الأرض كبير جدّاً لدرجة أنه أكسب البشر صفة (العامل الجيولوجي العظيم). وقد صار المثال الكلاسيكي الحالي هو قصة منجم بينغهام كانيون بالقُرّب من سولت ليك سيتي، يوتا. إذْ منذ اكتشاف الذهب هناك عام 1848، كان المنجم في إنتاج مستمر للذهب والفضة والنحاس. يبلغ إنتاجها السنوي الحالي من المعادن أكثر من 282 ألف طن من النحاس و98 ألف كيلوغرام من الفضة و98 ألف كيلوغرام من الذهب. انتقل المنجم من جبل إلى حفرة بعمق 0.8 كيلومتر في الأرض (أي ما يعادل خمسة أضعاف ارتفاع برج إيفل)، بعرض 4 كيلومترات ويمكن رؤيته من الفضاء.

خلال تاريخه، جرى إزالة 5 بلايين طن من الصخور للحصول على الخام - 10 أضعاف كمية المواد التي تمت إزالتها في بناء قناة بنما. ينتج كل طن من الخام 5.4 كغ من النحاس؛ لكشف كل طن من الخام، يجب إزالة 10 أطنان من الأحجار الصخرية.

في السنوات العشرين الماضية أو نحو ذلك، كان النفط الخام المستخرج من رمال القطران يسير بخُطى متسارعة في مقاطعة ألبرتا في كندا. وقد عُثر على رواسب ضخمة من رمال القطران هذه في منطقة أثاباسكا في ألبرتا. كما عُثر على هذه الرمال على عمق أكثر من 400 متر تحت الأرض. الغطاء النباتي فوق الأرض مصحوب بالعناصر المميزة للنباتات والحيوانات في هذه المنطقة الأحيائية.

ويجب تمزيق هذه الغابات والمواد المثقلة وحفرها عن طريق التعدين السطحي. ثم يُفصل النفط الخام من هذه الرمال بوسائل ميكانيكية وباستخدام البخار والمذيبات. إنها عملية كثيفة الاستخدام للمياه، حيث تستخدم ثلاثة براميل من الماء لإنتاج برميل واحد من النفط الخام. وبالتالي، فإنها تولد كميات هائلة من الحمأة الرطبة ومياه الصرف السامة، والتي تتميز بأنها انسكاب نفطي بطيء الحركة وعملاق وكارثة بيئية هائلة للسكان الأصليين في كندا.



عمليات التعدين السطحي لرمال القطران في شمال ألبرتا، كندا.



مياه الصرف التي تحوي على مواد سامة هي منتج ثانوي لتعدين رمال القطران.

كما أن تعدين ومعالجة رمال القطران من شأنه أن يزيد بشكل كبير من المخاطر العالمية لتغير المناخ الخطير. تحوي الكميات الهائلة الناتجة من مخلفات المناجم على بعض القار، وحتى الوقت الحالي كان إعادة الغطاء النباتي لهذه المواد المتبقية بعيد المنال.

• معالجة المعادن

مع أنّ إزالة الحمولات تتشابه مع الفحم وغيره من مناجم المعادن والخامات، إلا أنه هناك اختلافات في المناولة والمعالجة. في حالة الفحم، يتم تحميل المادة على شاحنات أو عربات سكك حديدية ونقلها إلى الموقع حيث يجري حرقها لإنتاج الكهرباء. عندما يكون المحتوى المائي للفحم مرتفعاً، كما في حالة الليغنيت، الذي قد يصل محتواه المائي إلى 35 %، فمن غير الاقتصادي نقل المياه لمسافات طويلة.

في مثل هذه الحالات، تقع محطات توليد الكهرباء بالقُرْب من المناجم، ويشار إليها بعمليات تفريغ المناجم. ومع ذلك، فإن جميع الخامات الحاملة للمعادن



ومعظم المواد تتطلب معالجة بعد استخلاصها لأنها ليست في أشكال مركزة ونقية ومتشابكة مع معادن غير مرغوب فيها مثل الكربونات أو السيليكات، والمعروفة باسم الشوائب المعدنية أو شوائب الركاز Gangue.

تتضمن المعالجة تكسير الخام لتحرير جزيئات المعدن الخام (الفتيت Comminution)، وفصل المعادن الخام والشوائب (الفائدة Beneficiation)، واستخدام الحرارة لاستعادة المعدن (الصهر Smelting)، واستعادة المعدن النقي من الشوائب باستخدام المواد الكيميائية (ترشيح الكومة Heap Leaching، والتعدين المائي Hydrometallurgy). تصير معادن الشوائب المعدنية بعد المعالجة، التي تشكل نحو 80 % أو أكثر من الخامات المنجمية، نفايات تسمى (مخلفات التعدين Tailings). تنظم القوانين التعامل مع المخلفات في عمليات المناجم؛ يمكن أن يكون للانسكاب عواقب وخيمة، كما كان الحال في انسكاب مخلفات السيانيد في رومانيا.



تسبب منجم الذهب هذا في بلاك هيلز بولاية ساوث داكوتا الأمريكية في إزعاج مساحة كبيرة من الأرض. يحتوي هذا الموقع أيضًا على أكوام لترشيح السيانيد وبِرك الترسيب شديدة السمية للحياة البرية في المنطقة المجاورة.

• أنماط الاستهلاك والتأثيرات البيئية

توفر المعادن فوائد لا غنى عنها للمجتمع البشري في العديد من الأشكال، بدءاً من المبادلات الحرارية، إلى المحفزات للتفاعلات الكيميائية، وأسلاك الكهرباء، وقضبان القطارات، وهيكل السيارات. وقد ارتفع الاستخدام العالمي للمواد المعدنية بمقدار 2.4 مرة إلى 9.8 بليون طن في عام 1995، مقارنة بأوائل الستينيات. وزاد استخدام الموارد في الولايات المتحدة من 2 بليون إلى 2.8 بليون طن بين عامي 1970 و 1995 و 18 ضعفاً منذ عام 1900.

مع 5 % من سكان العالم، استهلكت الولايات المتحدة ما يقرب من 30 % من الموارد المعدنية العالمية. لكل من حجم وتكوين استخدام الموارد آثار مُهمَّة على تدهور البيئة ونضوبها. مثلاً، زاد الاقتصاد الأمريكي استخدامه للموارد غير المتجددة من 59 % في عام 1900 إلى 92 % في عام 1995.

ما يقرب من 7 % من النحاس بالكامل، و 13 % من النيكل بالكامل، و 14 % من إجمالي الفولاذ، و 19 % من الألومنيوم بالكامل، و 23 % من إجمالي الزنك، و 35 % من إجمالي الحديد، و 41 % من إجمالي البلاتين، و 50 % من إجمالي الرصاص المستخدم من الولايات المتحدة في عام 1992 ذهب إلى صناعة السيارات.

يتطلب النمو السكاني والاقتصاديات المزيدَ من السلع والخدمات والأراضي والبنية التحتية المادية من الموارد الطبيعية المحدودة المخزون والمحدودة. بين عامي 1950 و1990، كان معدل الزيادة في الاستهلاك البشري لستة معادن أساسية رئيسية (الألومنيوم ، والنحاس، والرصاص، والنيكل، والقصدير، والزنك) أكثر من ثمانية أضعاف، بينما تضاعف عدد سكان العالم مرة واحدة فقط.

إن الكميات الإجمالية للنفايات الناتجة عن استخراج المعادن والخامات هائلة في شكل صخور منخفضة الدرجة تحمل معادن تصير نفايات ويجري إزالة الأثقال للوصول إليها في المنجم. نمت كمية المواد المستهلكة في الولايات المتحدة من 2 طن للفرد سنويّاً في عام 1900 إلى 10 أطنان للفرد سنويّاً في عام 1995.

لا يمكن أن يؤدي الاعتماد الشديد على الابتكار التكنولوجي والإحلال إلى الحفاظ على الاستخدام الفردي الحالي وكثافة استخدام المعادن غير المتجددة (الحجم بالنسبة للناتج القومي الإجمالي). ينبغي أن تنعكس التكاليف الاجتماعية لاستنفاد وتدهور الموارد الطبيعية على أسعار السوق للسلع والخدمات.

يصاحب استخراج المعادن ومعالجتها ونقلها والتخلص منها تأثيرات بيئية متعددة، مثل تلوث الهواء والماء والتربة؛ خسائر الأراضي الزراعية المنتجة وخصوبة التربة والتنوع البيولوجي وتجزئة الموائل. على وجه الخصوص، فإن استخدام الفحم كمصدر مهيمن للطاقة له آثار ضارة مُهمَّة على جودة البيئة والصحة العامة. ويصاحب استخراج المعادن ومعالجتها ونقلها والتخلص منها تأثيرات بيئية متعددة، مثل تلوث الهواء والماء والتربة؛ وخسائر الأراضي الزراعية المنتجة وخصوبة التربة والتنوع البيولوجي؛ وتجزئة الموائل. على وجه الخصوص، فإن استخدام الفحم كمصدر مهيمن للطاقة له آثار ضارة مُهمَّة على جودة البيئة والصحة العامة.



بعض المشكلات المصاحبة لتطوير الفحم كاستجابة لنقص الطاقة.

نظراً لأننا نستنفد الاحتياطيات المعدنية التي يمكن الوصول إليها، فإن الطلب الاستهلاكي المتزايد سيجعل من الضروري، بلا شك، استغلال الرواسب الأقل سهولة والأقل درجة. وهذا يعني زيادة معدل التدهور البيئي وزيادة الاحتياجات، كذلك، للتخلص من النفايات.

تتسبب أراضي المناجم، من خلال نشاط استخدام الأراضي قصير المدى نسبيّاً، في آثار ضارة طويلة المدى على جودة الهواء وكمية ونوعية التربة والمياه والغطاء النباتي، ما لم تُوضع خطط إعادة التأهيل لجعلها منتجة بعد هجرها.

يمكن أن تكون أنشطة التعدين سبباً للنزاعات على استخدام الأراضي إذا عُثر على الموارد المعدنية في مناطق طبيعية محمية حسَّاسة بيئيّاً ومُهمَّة، مثل: المتنزهات الوطنية، وملاجئ الحياة البرية. يعد تدمير الأشكال الأرضية والغطاء

النباتي وما يترتب عليه من تعديل للمناخ المحلي من أوضح تأثيرات التعدين على بنية النظم الإيكولوجية الأرضية والمائية على المستويين المحلي والإقليمي.

تسمى هذه المناطق بالأراضي المهجورة. من ناحية أخرى، على المستوى العالمي، تسهم أنشطة التعدين في زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي، وما يترتب على ذلك من تغييرات في الدورات الكيميائية الجيوكيميائية والخصائص الحرارية للغلاف الجوي بسبب زيادة استهلاك الوقود الأحفوري، واضطراب الغطاء النباتي والتربة.

• علم البيئة الصناعية

إدراكاً لأهمية الحاجة إلى المعادن الاقتصادية والاستراتيجية وتأثير استخراجها واستخدامها على البيئة، جرى الدخول في مجال جديد من الإيكولوجيا الصناعية.

إنه يتضمن تصميم البنية التحتية الصناعية كما لو كانت سلسلة من النظم البيئية المتشابكة من صنع الإنسان التي تتفاعل مع النظام البيئي العالمي الطبيعي. إنها تأخذ نمط البيئة الطبيعية كنموذج لحل المشكلات البيئية.

من الواضح حالياً أنه من أجل البيئة الصناعية السليمة، فإن الحلول التكنولوجية وحدها لن تكون كافية بسبب ما يأتي:

1. أثناء إنتاج السلع المصنعة، تولد الصناعة الأمريكية 300 مليون طن أو أكثر من النفايات الخطرة التي يجب معالجتها أو تخزينها أو التخلص منها.

2. أثناء الإنتاج، تنتج الصناعة الأمريكية أكثر من 600 مليون طن من النفايات غير الخطرة التي يجب التخلص منها.

3. للوفاء باللوائح الحالية، ينفق التصنيع في الولايات المتحدة أكثر من 40 بليون دولار سنوياً من أجل مكافحة التلوث.

4. التخلص من النفايات المتولدة هو اقتراح مكلف، وهذه التكاليف ترتفع بشكل أسرع من معدل الإنتاج الصناعي. لذلك فإن هذا يثير شبح تكاليف التخلص من أن تصير التكلفة السائدة للإنتاج.

يجب أن تتمثل جهودنا في إكمال النماذج بحيث تعكس جميع التأثيرات البيئية والتكاليف المصاحبة لعمليات التصنيع، من استغلال الموارد إلى التخلص النهائي من المنتج واستعادة النظام البيئي.

• حلول مشكلة التنقيب عن الموارد المعدنية

1. الاستخدام المستدام للمعادن غير المتجددة.
2. لا تضيعوا الموارد المعدنية.
3. إعادة تدوير وإعادة استخدام 60-80 % من الموارد المعدنية.
4. تضمين التكاليف البيئية الضارة للتعدين ومعالجة المعادن بأسعار الأصناف.
5. تقليل دعم التعدين.
6. زيادة الدعم لإعادة التدوير وإعادة الاستخدام وإيجاد البدائل.
7. إعادة تصميم عمليات التصنيع لاستخدام موارد معدنية أقل وتقليل التلوث والنفايات (الإنتاج الأنظف).
8. استخدام نفايات الموارد المعدنية لعملية تصنيع واحدة كمواد خام لعمليات أخرى.
9. نمو سكاني بطيء.



مشكلة استخدام الأراضي للتحضر والنقل

يوجد ترابط بين بنية ووظيفة النظام الإيكولوجي. والروابط بين تغير استخدام الأراضي واستجابة النظام البيئي: تغيرات الأراضي المرتبطة بالتوسع الحضري تؤدي إلى تغير المناخ والتلوث، مما يغير خصائص النظم البيئية على المستويات المحلية والإقليمية والقارية. إن التحضر يغير اتصال النظم البيئية والطاقة والمعلومات بين النظم الاجتماعية والفيزيائية والبيولوجية.

بوصفها مراكز للتجارة؛ والحكم السياسي؛ والاستهلاك والإنتاج وتوزيع السلع والخدمات الاقتصادية، والإثراء الثقافي في السياسي، والابتكار التكنولوجي، تؤدي النظم البيئية الحضرية الصناعية وظيفة حيوية في تقدم الحضارة الإنسانية.

لا يمكن الحفاظ على مثل هذه المراكز السكانية الكثيفة ضمن حدودها الجغرافية الخاصة. وإنما يعتمد دعم ورفاهية النظم البيئية الحضرية على السلع والخدمات البيئية المقدمة من النظم البيئية الإقليمية الداعمة للحياة، مثل: الزراعة والأراضي العشبية والغابات والأراضي الرطبة وما يمكن استيراده من مناطق بعيدة.

لقد كان إدراك أن سكان الحضر يمتلكون حصة كبيرة من موارد الأرض هو الذي أدى إلى تطوير مفهوم البصمة البيئية. يوضح هذا المفهوم أن مساحة الأرض اللازمة لدعم مدينة أكبر بمرات عدة من مساحة المدينة نفسها.

يُشار إلى التحول من نظام (ريفي - زراعي) إلى نظام (حضري - صناعي) يزداد فيه عدد سكان المدينة جنباً إلى جنبٍ مع التغييرات الاقتصادية والاجتماعية والسياسية ذات الصلة باسم التحضر، وكذلك السكان بمرور الوقت وصافي الهجرة من الريف.

تبلغ المعدلات الحالية للنمو السكاني الحضري حالياً أكثر من مليون شخص أسبوعيّاً على مستوى العالم. تنتج الهجرة إلى المُدن من تفاعل عوامل الدفع (الظروف التي يرى الناس أنها ضارة برفاههم وتحفزهم على الهجرة) وعوامل الجذب (الظروف المتصورة التي تجذب الناس للانتقال إلى موقع جديد).

كما تشمل الأمثلة على عوامل الدفع بشكل عام التدهور البيئي، وعدم كفاية الأراضي الزراعية، وسوء توزيع الأراضي الزراعية، وانعدام الأمن الاقتصادي. تتضمن أمثلة عوامل الجذب عموماً فرصاً أفضل للوظائف ونوعية حياة أعلى، مع إمكانية الوصول إلى الخدمات الاجتماعية، مثل: الرعاية الصحية، والتعليم.

• اتجاهات التحضر

يؤدي النمو السكاني السريع في المناطق الحضرية إلى جانب النمو غير المنضبط في كثير من الأحيان للأراضي الحضرية إلى التوسع في استخدامات الأراضي السكنية والتجارية والصناعية ووسائل النقل إلى ما كان في السابق أنظمة إيكولوجية داعمة للحياة مثل الأراضي الزراعية المنتجة والغابات والأراضي الرطبة ومناطق الحفاظ على الطبيعة؛ هذه العملية تسمى (الزحف العمراني Urban Sprawl).

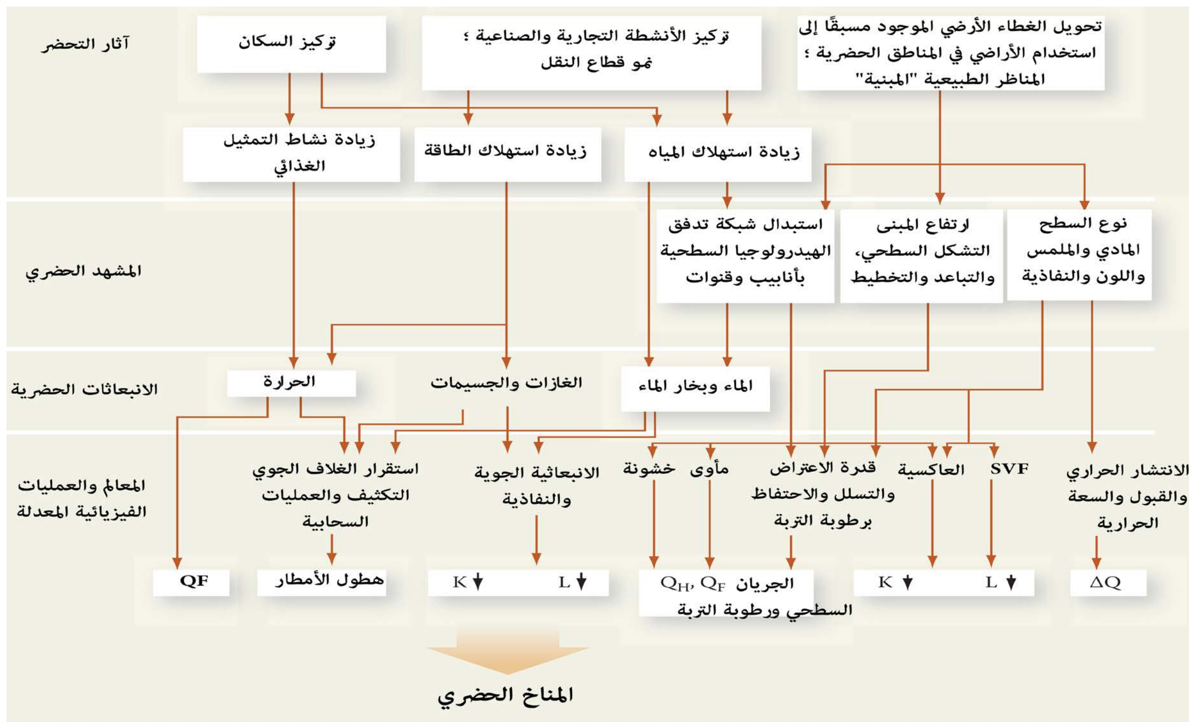
هذه الاستخدامات الحضرية الصناعية للأراضي لديها القدرة على التأثير على الصحة العامة ونوعية البيئة بشكل كبير من خلال زيادة الطلب على الطاقة والمواد والأراضي والمياه المحدودة وكذلك الحاجة إلى التعامل مع النفايات المتولدة والملوثات الناتجة التي يجري إطلاقها في الهواء والماء والتربة.



لقد أوقفت المباني تدفق الهواء إلى التربة، مما أدى إلى إنتاج مظلة مغلقة ودافئة وملوثة من الهواء فوقها. تتسبب النفايات البشرية والأسمدة التي يجري تصريفها في النهر في زيادة المغذيات، بينما تسحب الآبار المياه الجوفية بشكل أسرع مما تم تجديده، مما يؤدي إلى انخفاض منسوب المياه الجوفية تحت المدينة.

في مكسيكو سيتي، المكسيك، تسبب سحب المياه الجوفية بالفعل في غرق الأرض 10 أمتار في القرن الماضي. في المقابل، فإن ري الحقول الزراعية خارج المدينة يرفع منسوب المياه الجوفية هناك بشكل مصطنع. تميل المدينة أيضاً إلى تدهور النظم البيئية القريبة، مما يؤدي إلى انخفاض في التنوع البيولوجي.

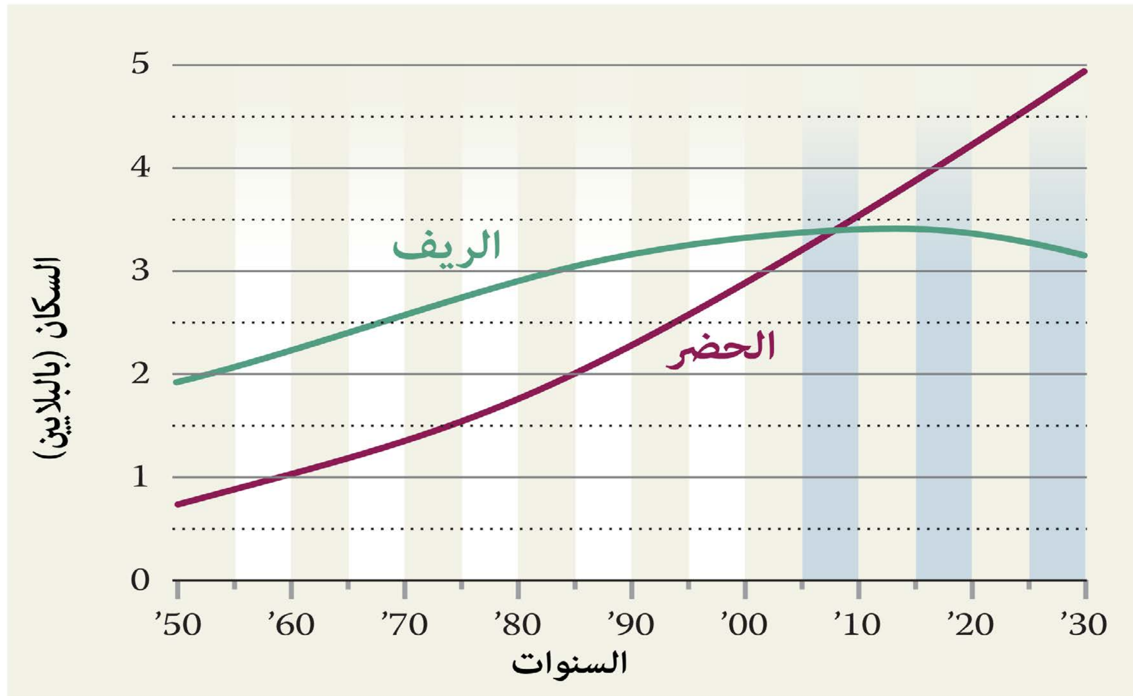
إن زيادة معدلات التحضر لها أيضا آثار عالمية مُهِمَّة لتغيير الأنماط المناخية المحلية.



آثار التحضر على الإشعاع وتوازن الطاقة والمناخ المحلي.

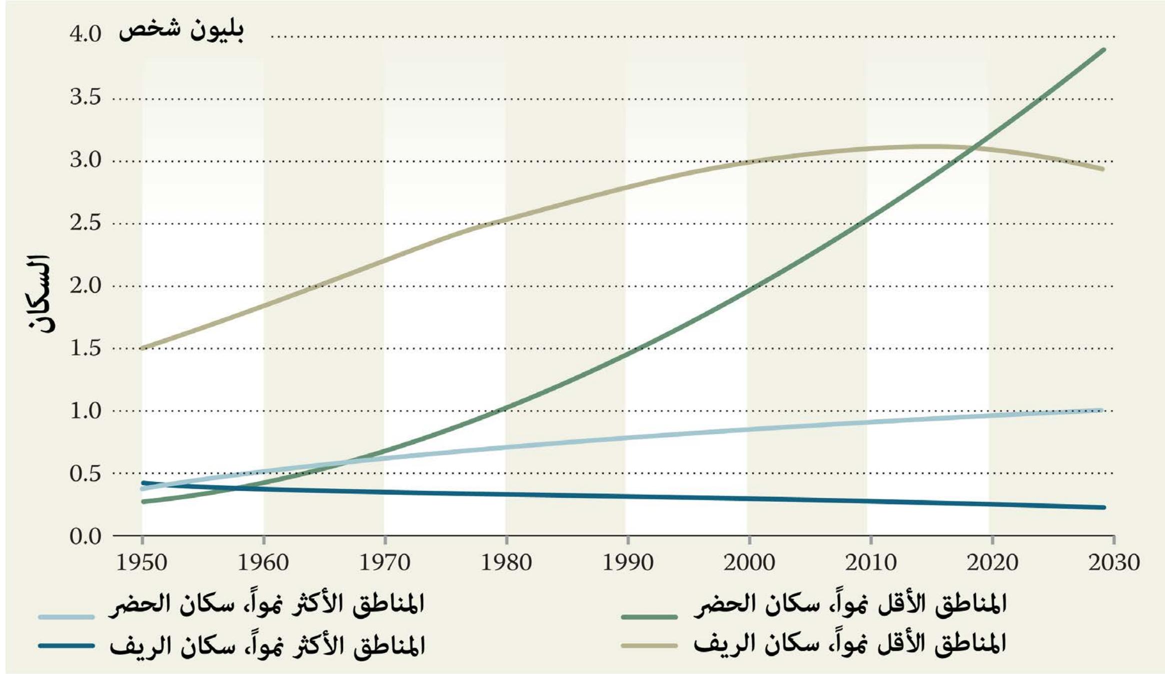
• تزايد عدد سكان الحضر في العالم

كان عدد سكان الحضر في العالم 750 مليوناً في عام 1950، و 2.6 بليوناً في عام 1995، ومن المتوقع أن يرتفع إلى ما يقرب من 5 بلايين (60 % من سكان العالم) بحلول عام 2030. ستحدث كل هذه الزيادة تقريباً (< 80 %) في البلدان النامية. حيث زاد عدد سكان الحضر في العالم من 37 % من سكان العالم في عام 1975 إلى 47 % من سكان العالم في عام 2000. ومن المتوقع أن ترتفع الحصة الحضرية إلى 57 % في البلدان النامية بحلول عام 2025. ويتزايد عدد سكان الحضر في البلدان النامية في المتوسط في 3.5 % سنويّاً، مقارنةً بأقل من 1 % في الدول المتقدمة.



سكان الحضر والريف في العالم 1950-2030.





سكان المناطق الحضرية والريفية في المناطق الأكثر نموّاً والأقل نموّاً 1950-2030.

يعيش 60-80 % من الناس في البلدان المتقدمة بالفعل في المُدن. ويستهلك سكان المُدن الأثرياء (20 % من سكان العالم) أكثر من 70 % من الطاقة الأولية في العالم (النفط، والفحم، والغاز الطبيعي) وما يقرب من 80 % من المواد الخام.

يمكن أن يتجاوز النمو السكاني المدفوع بالهجرة توافر الوظائف؛ وتوريد المساكن قدرة البنية التحتية المادية مثل مرافق التخلص من النفايات والصرف الصحي وأنظمة توزيع المياه والكهرباء والطرائق؛ والخدمات الاجتماعية، مثل: الصحة والتعليم والضمان الاجتماعي. يؤدي عدم التوازن بين العرض والطلب إلى زيادة الفقر والتشرد والجريمة والتدهور البيئي وتدهور البنية التحتية وظروف الصحة العامة وندرة مياه الشرب والكهرباء.

• توسـيع المُـدن

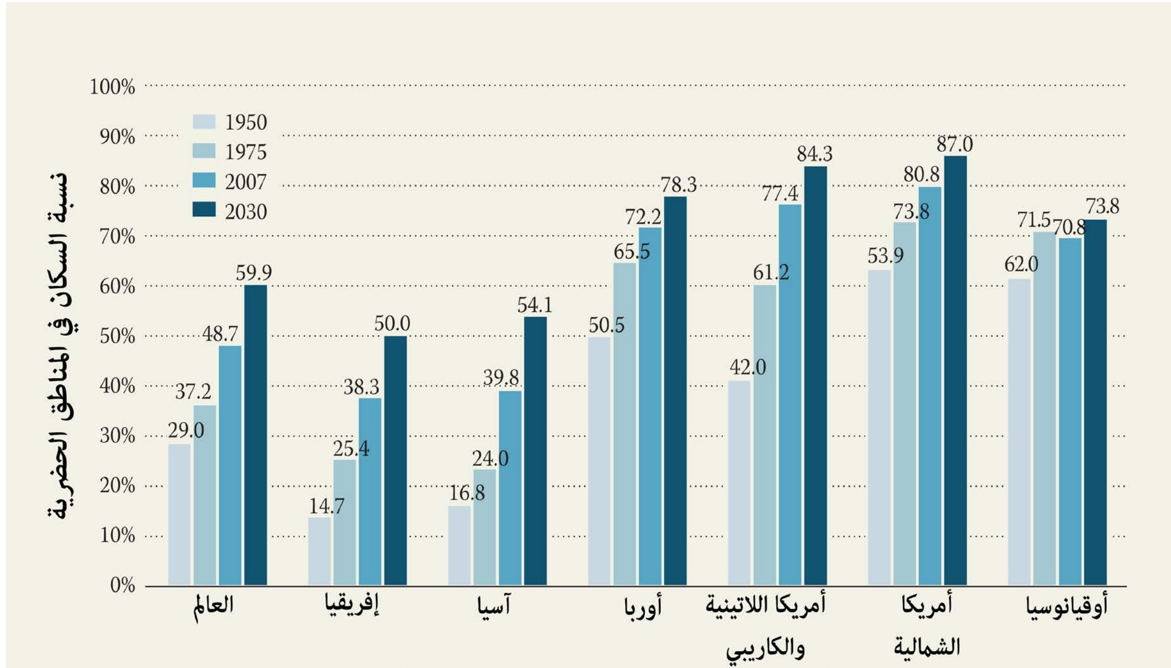
سيستمر التوسع في المُدن، في الهيمنة في البلدان النامية. تراوح النمو السكاني بين عامي 1975 و2005 بين 2 و6 % تقريباً في البلدان النامية، بينما كان 1 % أو أقل في البلدان المتقدمة. تقع معظم المُدن ذات معدلات النمو الحضري المرتفعة في آسيا.

في فترة الأربعين عاماً بين 1975 و2015، كان من المتوقع أن تنمو لاغوس ودكا ثماني مرات؛ وسيزيد عدد سكان دلهي أكثر من أربعة أضعاف، وسوف يتضاعف ثلاث مرات في مومبيا وجاكرتا ويتضاعف في عدد من المُدن. ستحتاج المُدن الكبرى، كما يطلق عليها حالياً، إلى موارد بأعداد وكميات غير مسبوقة.

من المتوقع أن يصل عدد فقراء الحضر إلى بليون شخص على مدار الـ 25 عاماً القادمة، أي أكثر من ضعف القيمة الحالية. بين عامي 1950 و1990، توسع عدد سكان الحضر في البلدان النامية بأكثر من بليون نسمة وازداد بمقدار 2 بليون نسمة بحلول عام 2015، متجاوزاً عدد سكان الحضر في البلدان المتقدمة.

نحو 30-70 % من البليون شخص الذين هاجروا من القُرى إلى المناطق الحضرية في البلدان النامية يعيشون في ملاجئ بنوها بشكل غير قانوني (على أرض لا يملكونها) تسمى (مدن الصفيح Shanty Towns).





النسبة المئوية للسكان المقيمين في المناطق الحضرية حسب المنطقة الرئيسية، 1950 و1975 و2007 و2030.

حالياً، يفتقر 220 مليون من سكان الحضر في البلدان النامية إلى الوصول إلى مياه الشرب الصالحة للشرب، ولا يتمتع 350 مليوناً بإمكانية الوصول إلى الصرف الصحي الأساسي، ولا يمتلك بليون شخص خدمة جمع النفايات الصلبة. وفي أمريكا اللاتينية، حيث 70 % من السكان حضريون بالكامل، فإن 30 % من الأسر تفتقر إلى أنابيب المياه والصرف الصحي؛ في مُدن آسيا، حيث يفتقر 50 % إلى هذه المرافق، وفي إفريقيا، حيث المُدن أصغر ولكنها الأسرع نموًّا، يفتقر إليها 70 %.

• استخدام الأراضي

هذه الأنشطة المحلية والإقليمية لها عواقب عالمية على رفاهية البشر وبيئتهم، مثل فقدان النظم البيئية المنتجة وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري Greenhouse Gas (GHG) التي سنتحدث عنها في جزءٍ منفصل من هذه السلسلة. لكن النمو السكاني البشري ليس العامل الأساسي الوحيد الذي يحفز الزحف العمراني. مثلاً، يتعدى النمو الحضري في الولايات المتحدة على الأراضي المحيطة حيث يهجر السكان المُدن الداخلية بسبب تدهور جودتهم البيئية والانتقال إلى الضواحي. بين عامي 1960 و 1990، زاد الزحف العمراني في ولاية أوهايو بسرعة أكبر من النمو السكاني.

إجمالاً، نمت المساحة الحضرية الإجمالية في العالم من 21 مليون هكتار في عام 1982 إلى 26 مليون هكتار في عام 1992. وقد أدى ذلك إلى تحويل أكثر بقليل من 2 مليون هكتار من الأراضي الحراجية، و1.5 مليون هكتار من الأراضي الزراعية، و943500 هكتار من المراعي، و774000 هكتار من استخدامات الأراضي من المراعي إلى المناطق الحضرية في عقد واحد. في البلدان النامية، يتحول 476000 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة سنويّاً إلى استخدامات (حضرية - صناعية)، مما يهدد أمنها الغذائي.

بشكل عام، يؤدي فقدان الأراضي الزراعية المنتجة إلى تكثيف الإنتاج الزراعي على الأراضي الصالحة للزراعة المتبقية مع مدخلات أعلى من طاقة الوقود الأحفوري والأسمدة والمبيدات ومياه الري والمكننة الزراعية.

بالإضافة إلى ذلك، للتعويض عن فقدان الأراضي الزراعية، يجري تحويل النظم الإيكولوجية الهامشية (الأقل ملاءمة من الناحية الزراعية) ولكن ذات الأهمية البيئية الضعيفة بشكل متزايد لإنتاج الغذاء، مما يؤدي بدوره إلى تملح وتآكل التربة وفقدان التنوع البيولوجي ونضوب طبقات المياه الجوفية.

تعتبر النظم البيئية الساحلية، مثل: الأراضي الرطبة، ومسطحات المد والجزر، ومستنقعات المياه المالحة، ومستنقعات المنغروف، والشواطئ، والبحيرات، والكثبان الرملية، من أنواع النظم الإيكولوجية الهشّة والمُهمَّة بيئيّاً التي يعيش فيها بالفعل سكان حضريون يبلغ عددهم بليون نسمة في جميع أنحاء العالم. مثلاً، في المائة وخمسين عاماً الماضية، أدى ملء المساحات المتعلقة بالتنمية الحضرية على طول خليج سان فرانسيسكو، وهو المصب الأكثر تحضراً في الولايات المتحدة، إلى تقليل الامتداد المكاني للخليج بمقدار الثلث وتسبب في خسارة 80 % من 81000 هكتار من المستنقعات الساحلية. وبالمثل، جرى ملء 4000 هكتار من البحيرات والمستنقعات في الهند لتوفير السكن لـ 100000 أسرة من الطبقة المتوسطة، مما تسبب في مشكلات الفيضانات المحلية وخسارة سنوية قدرها 25000 طن من إنتاج الأسماك.

يعد تجفيف الأراضي الرطبة؛ وبناء المنازل والمنتجعات والطرق؛ والتعبئة على طول الخط الساحلي هي الأنشطة الحضرية الرئيسية التي تهدد ما يقرب من نصف سواحل العالم. كما تعاني المناطق الساحلية من تأثيرات بشرية جسيمة بسبب الملوثات في الطرق والجريان السطحي في المناطق الحضرية. مع أنّ تركيبة هذه الملوثات ومصيرها ونقلها وسميتها تتغير مؤقتاً ومكانيّاً، فإن الجريان السطحي الملوث يؤدي إلى انخفاض جودة المسطحات المائية المستقبلة بالإضافة إلى زيادة إمكانية التراكم الأحيائي في السلسلة الغذائية.

• الاحتياجـــات الحضريـــة

في الوقت الحالي، تستخدم النظم البيئية (الصناعية - الحضرية) نحو 75 % من الموارد الطبيعية في العالم وتنتج نفايات ذات حجم مماثل، مع أنّها مقيدة مكانيّاً بنحو 2 % من سطح الأرض.

مثلاً، يستخدم برج سيرز في شيكاغو طاقة في يوم واحد أكثر من مدينة أمريكية متوسطة يبلغ عدد سكانها 150 ألف نسمة أو مدينة هندية يزيد عدد سكانها على مليون نسمة. يقترن الاستهلاك المتزايد للطاقة والمواد في المناطق (الحضرية-الصناعية) بزيادة استخراج ومعالجة موارد الطاقة والمعادن مع ما يصاحب ذلك من آثار ضارة على البيئة.

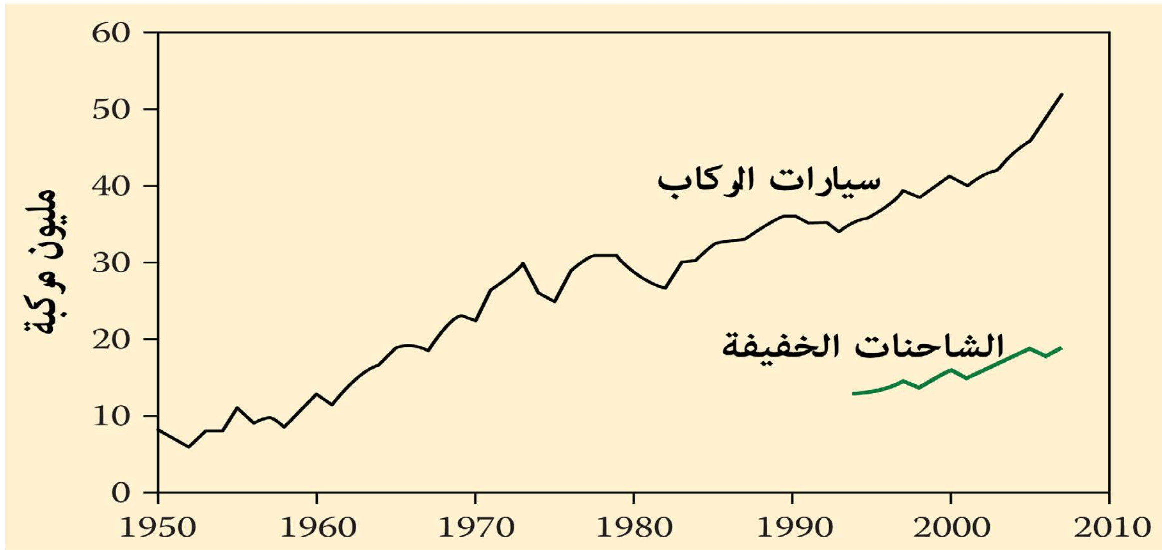
• النقـــل الحضـــري وآثـــاره

ترتبط أعداد متزايدة من الطرق والمركبات في حلقة ردود فعل إيجابية، تشمل العوامل التي تتحكم في عدد المركبات والطرق وتزايد عدد سكان الحضر، والثراء (زيادة مستويات الدخل)، والنظر في صناعة السيارات كمولد مُهمٍّ للنمو الاقتصادي، ونقص وسائل النقل العام، وتشتت أشكال المُدن.

على الصعيد العالمي، كان عدد السيارات 580 مليوناً في عام 1990، ووصل إلى 816 مليون بحلول عام 2010، بزيادة قدرها 16 ضعفاً عن عام 1950. وتتمتع المناطق الأكثر ثراءً في العالم بمعدلات ملكية سيارات أعلى من البلدان منخفضة الدخل. مثلاً، في الولايات المتحدة، كان متوسط ملكية السيارات في

عام 1993 هو 561 سيارة لكل 1000 ساكن، و 58 % من الأسر تمتلك سيارتين أو أكثر، و 20 % تمتلك ثلاث سيارات أو أكثر.

بحلول عام 2006، تجاوز عدد السيارات 250 مليوناً في عام 1993، وتراوح متوسط ملكية السيارات في البلدان النامية من نحو 68 سيارة لكل 1000 مقيم في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، إلى 29 سيارة لكل 1000 مقيم في منطقة شرق آسيا والمحيط الهادئ، إلى نحو 14 سيارة لكل 1000 مقيم في أفريقيا. ويقدر عدد السيارات والشاحنات الخفيفة على مستوى العالم بنحو 622 مليوناً.



الإنتاج العالمي من المركبات الخفيفة 1950-2007.

يتزايد الاعتماد على السيارات المملوكة للقطاع الخاص، لا سِيَّما في البلدان النامية حيث تزداد إمكانات المستهلك (السوق) نحو السيارات مع زيادة الثراء. الأرقام آخذة في الارتفاع بمعدل هائل. أنتجت الصين 8.1 مليون سيارة في

عام 2007، كما أنتجت 9.3 مليون في عام 2008 (ما يعادل الرقم في الولايات المتحدة). الهند تصنع المركبات بوتيرة سريعة؛ أرخص سيارة طُرحت هناك في عام 2008 كان سعرها نحو 2800 دولار.

تشكل البطالة الهيكلية العالية (غير الطوعية) والعمالة الوفيرة والرخيصة حوافز رئيسية لصناعات السيارات المحلية وعبر الوطنية لتكثيف تصنيع السيارات في البلدان النامية. والزيادة في أعداد المركبات المتوقعة فقط خلال العقدين المقبلين هي زيادة هائلة.

يمكن للسياسات الاقتصادية التي تنظر إلى زيادة نصيب الفرد من ملكية السيارات كوسيلة للنمو الاقتصادي الوطني أن تثبط أيضاً تصميم وانتشار أنظمة النقل الحضري التي تسهل المشي وركوب الدراجات والبنية التحتية للنقل العام، مثل: الحافلات الصغيرة أو الكبيرة والسكك الحديدية ومترو الأنفاق.

يعزز الامتداد العمراني أيضاً الاعتماد على استهلاك السيارات والبنزين، ليحل محل الرحلات التي كانت تُجرى سابقاً سيراً على الأقدام أو ركوب الدراجات أو وسائل النقل العام. ينتج الشكل المشتت للمدن عن مجموعة من العوامل، بما في ذلك أنماط الإنتاج الاقتصادي المتغيرة، وانخفاض تكاليف النقل، والموارد الوفيرة، وقضايا تخطيط وسياسة الأراضي، وأسواق الأراضي.

أمريكا الشمالية هي أفضل مثال على الأنماط المتفرقة لاستخدامات الأراضي الحضرية: الأرض وفيرة، وتكاليف الوقود منخفضة حتى وقت قريب، وتوافر المساكن منخفضة السعر في الأطراف الحضرية (الضواحي) في الواقع يدعم استخدام السيارات، وقطاعات الخدمة تهيمن على الاقتصاد.



أدى الانتقال من الإنتاج الصناعي للتصنيع بالجملة إلى القطاعات القائمة على الخدمات والتكنولوجيا العالية استجابة للمنافسة الشديدة عالميّاً بين الدول إلى تقليل الاعتماد على أماكن العمل المركزية وخطط النقل.

وقد أدى هذا بدوره إلى تحويل فرص العمل إلى الضواحي، حيث انتقلت قطاعات الخدمات (العاصمة)، مما عزز اللامركزية في الحياة الحضرية وترك مراكز المُدن (وسط المدينة) على أنها (مدن أشباح)، وأعقب ذلك المحاولات الأخيرة لتنشيطها.

إنّ الاتجاهات الحالية كثيفة الاستخدام للطاقة وغير المتوافقة بيئيّاً للنمو الحضري ونمو النقل ليست مستدامة على المدى الطويل. ففي جميع أنحاء العالم، يُخصص ما لا يقل عن ثلث الأراضي الحضرية للطرق ومواقف السيارات واستخدامات الأراضي الأخرى المتعلقة بالسيارات.

في الولايات المتحدة، تُخصص مساحة أكبر من الأراضي للمواصلات وليس للإسكان. يُستخدم نحو 20 % من إجمالي الطاقة المنتجة عالميّاً للنقل من عام 1971 إلى عام 1992، وقد نما استخدام الطاقة في جميع أنحاء العالم في قطاع النقل وحده بمعدل 2.7 % سنويّاً.

زيادة استخدام السيارات هو السبب الرئيسي للاعتماد المتزايد على النفط الأجنبي من قِبل البلدان ذات إمدادات الطاقة الشحيحة. ويرتبط هذا بمسافات التنقل باستخدام السيارات وتوافر النقل الجماعي.

يستمر الطلب الحضري على الوقود، مثل: (البنزين، والديزل، والكهرباء، والغاز الطبيعي) في النمو مع تناقص الإمدادات. سيؤدي ارتفاع الأسعار وانقطاع

الإمداد والتأثيرات البيئية المحلية والتراكمية للوقود الأحفوري في النهاية إلى تغيير عاداتنا في التنقل والاعتماد على مجموعة أكثر تنوعاً من حلول النقل من المركبات عالية الكفاءة إلى استخدام الوقود البديل، بما في ذلك الموارد المتجددة. ويعد تحسين كفاءة السيارة وعادات القيادة لدينا من أكثر الوسائل فعالية للحد من الآثار الاجتماعية والاقتصادية والبيئية المرتبطة بالبترول.

يرتبط الامتداد العمراني ارتباطاً وثيقاً بتطوير ممرات النقل والبنية التحتية المادية التي تتيح تبادل الأشخاص والسلع والخدمات الاقتصادية. مع زيادة التوسع المكاني للمناطق الحضرية، تزداد الحاجة إلى النقل والمساحة لاستيعابها.

تؤثر المناطق الحضرية المتنامية والمركبات الآلية بشكل سلبي في جودة وكمية الموارد الطبيعية من خلال ثلاث طرائق رئيسية:

1. زيادة فقدان وتدهور الغابات والأراضي الزراعية الرئيسية والنظم الإيكولوجية الساحلية.

2. زيادة استنفاد الوقود الأحفوري غير المتجدد والموارد المعدنية الأخرى.

3. زيادة النفايات والانبعاثات المنبعثة في الهواء والماء والتربة.

يمكن تصور تأثير النقل في سياق أوسع للترابط بين النمو الاقتصادي وخدمات النقل والتأثيرات البيئية، الروابط التي تم وصفها بشكل مناسب بأنها (حلقة نمو مفرغة). نشير إلى أنّ هذه الدورة تميز المُدن في العالم النامي حيث يحدث النمو دون أي خطط (سريعاً وفوضويّاً). لا يمكن لبناء الطرق ومواقف

السيارات المنظمة مواكبة هذا التحضر السريع. ومع إضافة مركبات جديدة كل يوم، يستمر استخدام المركبات القديمة التي تنتج الكثير من الغازات، والتي تسهم في التلوث.



حلقة نمو مفرغة

في البلدان المتقدمة، المشكلات مختلفة. حتى عندما يبدو نظام الطريق مناسباً، غالباً ما يغمره العدد الهائل من المركبات. مثلاً، في الولايات المتحدة، يُستخدم 6.2 مليون كيلومتر من الطرق العامة بوساطة 200 مليون مركبة، و 10 % من الطرق العامة تقع في الغابات الوطنية، ولها تأثيرات بيئية مباشرة في 15-20 % من مساحة الولايات المتحدة.

كما أن لها تأثيرات في مساحة الأرض مثل تجزئة الموائل؛ فقدان التنوع البيولوجي؛ اضطراب الدورة الهيدرولوجية؛ تلوث الهواء والتربة والماء؛ وتآكل التربة والترسيب. مع زيادة عدد السيارات المملوكة للقطاع الخاص، ينخفض توفير وتسهيل الوصول إلى الأشخاص والسلع والخدمات بسبب الطرق الحضرية المسدودة وأماكن وقوف السيارات المحدودة، والتي تسمى أيضاً الازدحام المروري. مثلاً، إذا استمرت الاتجاهات الحالية، فسوف ينفق سائقو السيارات الأمريكيون ما معدله سنتان من حياتهم يجلسون في ازدحام مروري.

• النفايات (الحضرية -الصناعية) والدورات البيوجيوكيميائية

تؤدي زيادة مستويات استهلاك الوقود الأحفوري والمواد من قِبل سكان الحضر بشكل طبيعي إلى زيادة مستويات توليد النفايات في شكل غازات ومواد صلبة وسوائل. بالإضافة إلى ذلك، فإن التخلص غير المناسب من النفايات في المسطحات المائية، والمكبات المفتوحة، ومكبات النفايات ذات التصميم السيئ هو سبب رئيسي آخر لاضطراب الدورات الكيميائية الجيولوجية.





متوسط استهلاك السلع وتوليد النفايات في النظام البيئي الحضري.

تشكل دورات الغازات والرواسب والمياه وتدفقات الطاقة رابطاً ليس فقط بين الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الصخري والمحيط الحيوي وإنما أيضاً بين المستويات المحلية والإقليمية والعالمية. لذلك، فإن إنتاج شكل واحد من أشكال النفايات لا يؤثر سلباً في المكون البيئي المعين الذي يسود فيه شكله فحسب، بل يؤثر أيضاً في المكونات البيئية الأخرى. إن توليد النفايات الذي يتجاوز القدرات الاستيعابية على المستويين المحلي والإقليمي قادر على تغيير الدورات البيوجيوكيميائية وميزانيات الطاقة على المستوى العالمي.

يُعرف الإنتاج الجماعي لجميع النفايات الصلبة والسائلة والغازية باسم (تدفق النفايات Waste Stream)، وهو يشمل النفايات الزراعية والنفايات المعدنية والنفايات الصناعية والعسكرية، مثلاً: (المواد المشعة والخطرة أو السامة والرماد والسخام والغبار)، والنفايات البلدية بما في ذلك المنتجات الورقية ونفايات الفناء، مثل: (قصاصات العشب والأوراق والفرشاة والفروع) ومخلفات الطعام والبلاستيك والمعادن والزجاج والمنسوجات والمطاط. يمكن تصنيف تدفقات النفايات على أساس سمية المواد وثباتها وإمكانية التراكم الأحيائي والتضخم الأحيائي على أنها نفايات غير خطرة وخطيرة ومشعة.

تسمى المواد الكيميائية ذات الثبات العالي (التي تتحلل أحيائيّاً ببطء أو غير قابلة للتحلل)، والإمكانيات العالية للتراكم الأحيائي والتضخم الأحيائي في السلسلة الغذائية، والسمية العالية بالملوثات العضوية وغير العضوية الثابتة وتشمل مجموعة متنوعة من المركبات العضوية والمعادن.

تشتمل النفايات الخطرة على النفايات التي تظهر إحدى السمات الآتية: القابلية للاشتعال (قابلة للاحتراق تلقائيّاً)، والتآكل، والتفاعلية (القابلية للانفجار والسمية عند مزجها بالماء)، والسمية (ضارة أو قاتلة عند تناولها أو امتصاصها). في الولايات المتحدة، يجري توليد أكثر من 13 بليون طن من تدفقات النفايات بشكل جماعي كل عام استجابة لزيادة عدد السكان والاستهلاك واستخدام المواد غير القابلة لإعادة التدوير، و 2 % (273 مليون طن) من الإجمالي تعتبر خطرة قانونيّاً.

تشمل النفايات غير الخطرة النفايات (الحضرية- الصناعية) والنفايات الزراعية التي لا تتوافق مع تعريفات الأنواع الأخرى من النفايات. إن زيادة الوعي حول طرق إدارة النفايات الخطرة وغير الخطرة بشكل فعَّال من حيث

التكلفة، مع الحد الأدنى من المخاطر على صحة الإنسان والبيئة، من شأنه أن يساعد في الاستفادة من الإمكانات الهائلة للمراكز الحضرية العالمية لتقليل وإعادة استخدام وإعادة تدوير كمية الطاقة والمواد المستهلكة.

• المخلفات السائلة

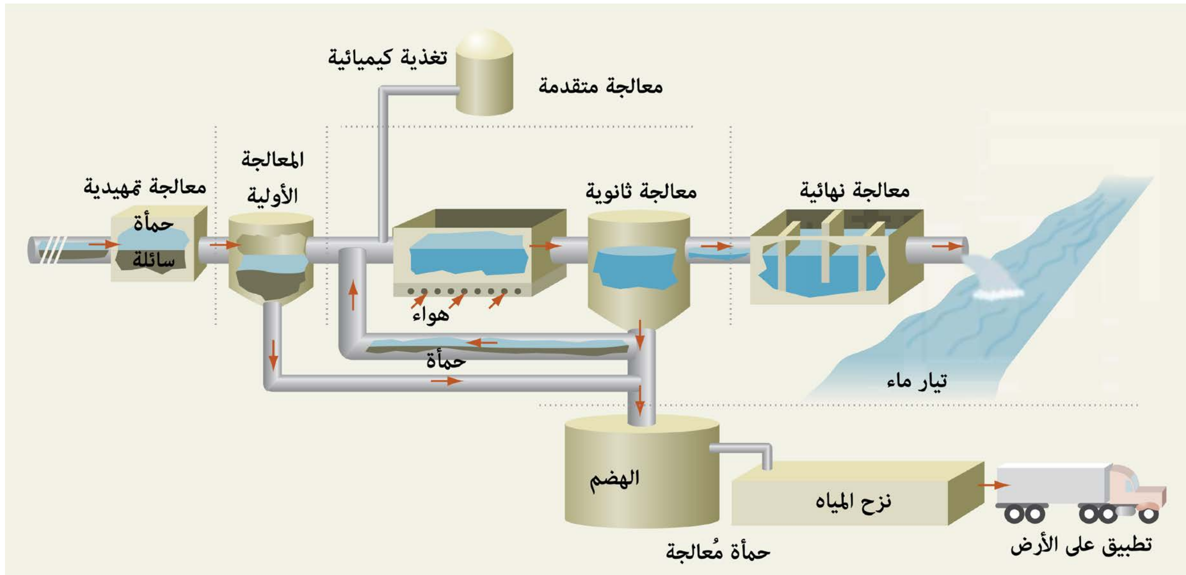
تتولد ثلاثة أنواع رئيسية من النفايات السائلة من خلال الأنشطة (الصناعية-الحضرية): مياه الصرف الصحي البلدية ومياه الصرف المنزلية ومياه الصرف الصناعية الناتجة. تتكون مياه الصرف الصحي البلدية من 98 % من المياه ومجموعة متنوعة من المركبات العضوية والسامة وعادة ما يجري تصريفها، سواء أكانت مُعالجة أم غير مُعالجة، في المسطحات المائية بالقُرْب من النظم البيئية الصناعية الحضرية بافتراض أن حل التلوث هو التخفيف.

مثلاً، تقوم مدينة ومقاطعة لوس أنجلوس بولاية كاليفورنيا بتصريف 2.6 مليون متر مكعب من مياه الصرف الصحي يوميّاً في مصبات الأنهار والمياه الساحلية. ومع ذلك، فإن افتراض التخفيف لم يعد يعمل مع زيادة حجم النفايات التي يجري تصريفها بسبب القدرات الاستيعابية المحدودة للمياه المستقبلة واختلاطها غير الكامل بالمياه الساحلية.

الكائنات الحية الدقيقة المائية التي تتغذى على الملوثات العضوية التي يتم تصريفها في المسطحات المائية تستخدم الأكسجين في الماء، مما يؤدي إلى انخفاض مستويات الأكسجين في الماء، وغالباً ما يؤدي النيتروجين والفوسفور في مياه الصرف الصحي إلى تشكيل ما يُسمى بفرط المغذيات Eutrophication، حيث يؤدي نمو الطحالب على نطاق واسع إلى زيادة الطلب البيولوجي على الأكسجين.

تُستخدم المعالجات الميكانيكية والكيميائية والبيولوجية المناسبة لتنظيف مياه الصرف الصحي لإنتاج المياه الخارجة (النفايات السائلة) التي لن تضر بالبيئة، ويمكن أن تكون ذات جودة عالية (حتى صالحة للشرب).

مع اختلاف تصميمات محطات معالجة مياه الصرف الصحي، إلا أن النوع المحلي الأكثر شيوعاً يوفر معالجة ثانوية.



مخطط لمحطة معالجة ثانوية لمياه الصرف الصحي. حيث تدخل مياه الصرف الصحي إلى اليسار من خلال سلسلة من المصافي، تليها معالجة أولية حيث يُزال الزيت والشحوم من الأعلى وترسب المواد الصلبة.

يشمل العلاج الثانوي في هذا التصميم البكتيريا المعلقة المزودة بالأكسجين المحقون من الأسفل. يسمح المُرشّح للبكتيريا والجزيئات بالاستقرار على شكل حمأة، يُعاد تدوير جزء منها إلى الهاضم للحفاظ على لقاح كبير من البكتيريا هناك. يُهضم الباقي ويجفف من المياه قبل التخلص منه على الأرض كسماد.



تجري معالجة النفايات السائلة الموضحة (عادةً بالكلور) لقتل بكتيريا الأمراض والفيروسات التي يمكن أن تسبب أمراضاً خطيرة، مثل: التيفود والدوسنتاريا والإسهال والكوليرا قبل تصريفها في المياه السطحية. في بعض الأحيان، تجري معالجة إضافية (ثلاثية) لإزالة مركبات معينة، وبخاصة المغذيات الفوسفور والنيتروجين، قبل الكلورة والتفريغ.

من السهل نسبيّاً تحديد أو اكتشاف معظم الملوثات البلدية والصناعية أو (النفايات)، وعادةً ما يجري تفريغها من الأنبوب، ومن ثم تسمى مصادر التلوث النقطية؛ الملوثات من الزراعة، ومياه الصرف الصحي غير المجمعة، ومياه العواصف الحضرية هي مصادر غير محددة للتلوث.

• النفايات الصلبة

النفايات الصلبة، وتسمى أيضاً (القمامة) هي أي خليط من المواد الصلبة يجري التخلص منها، وينتج أكثر من 5 بلايين طن من النفايات الصلبة كل عام في الولايات المتحدة.

تُصنف مصادر توليد النفايات الصلبة بشكل عام ضمن مجموعتين عريضتين: النفايات غير البلدية (النفايات الزراعية، نفايات التعدين، والنفايات الصناعية) والنفايات البلدية.

في الولايات المتحدة، تشكل النفايات غير البلدية نحو 97 % من جميع النفايات الصلبة المتولدة؛ 51 % من الزراعة، و36 % من التعدين، و10 % من الصناعة، والباقي (3 %) يتكون من النفايات الصلبة البلدية.



تشير النفايات الصلبة البلدية (MSW) إلى المواد الصلبة التي يجري التخلص منها بوساطة القطاعات السكنية والتجارية والمؤسساتية، وقد زادت من 88 مليون طن في عام 1960 إلى 222 مليون طن في عام 2000 في الولايات المتحدة.

كتدبير مخفف، يجري التخلص من النفايات الصلبة في العالم من خلال ست طرق أساسية: الطمر، والدفن، والحرق، والتصدير، وإزالة السموم، والسماد. التخلص من النفايات عن طريق الطمر المكشوف في النظم البيئية المائية والبرية هو أكثر الوسائل بدائية وغير صحية للبشرية؛ كان هذا يمثل أكثر من نصف النفايات المتولدة في الولايات المتحدة والعالم. بدت الأرض والمحيط شاسعين جدّاً لدرجة أنه لم يجري التفكير كثيراً في الآثار البيئية للطمر المكشوف.

(a) مصادر المخلفات الصلبة

51% زراعة

10% صناعة

تعدين 36%

البلدية 3%

(b) تكوين المخلفات البلدية الصلبة

زجاج 5.9%

7.7% معادن

9.4% بلاستيك

5.2% خشب

10.4% بقايا طعام

9.9% أخرى

13.4% نفايات الفناء

38.1% ورق وورق مقوى

(a) مصادر النفايات الصلبة، وتكوين النفايات الصلبة البلدية (b) في الولايات المتحدة.

تستلزم كل طريقة للتخلص من النفايات اختيار موقع دفن نفايات مناسب كيميائيّاً حيويّاً للتخزين التكنولوجي للنفايات، ومن خلال تحليل بيئي للمواد اللاأحيائية، مثلاً: (الرياح السائدة؛ الاستقرار الجيولوجي وعدم النفاذية؛ والقُرْب من منسوب المياه الجوفية والمياه السطحية والكائنات الحية؛ والضعف البيئي) والعوامل الحيوية، مثل: (حماية صحة الإنسان والتنوع البيولوجي وسلسلة الغذاء) للموقع.

ومع ذلك، فإن المواقع المناسبة محدودة لمدافن النفايات؛ القدرة الاستيعابية المحدودة لمدافن النفايات؛ الجريان السطحي والانبعاثات من مدافن النفايات؛ ومعارضة الناس لموقع مدافن النفايات القريبة تثبت أن التخفيف من مشكلات النفايات عن طريق التخلص من النفايات هو علاج قصير المدى.

إحدى القضايا المرتبطة بإنشاء مدافن النفايات هي إنتاج غاز الميثان داخلها. ينطلق غاز الميثان من التحلل اللاهوائي للمواد العضوية مع تراكم النفايات الصلبة، وما لم تُنشأ فتحات مناسبة لإطلاق الغاز في الغلاف الجوي، فقد ينتج عن ذلك انفجارات وحرائق وروائح كريهة.

تتكاثر الحيوانات والحشرات الناقلة للأمراض، مثل: (الجرذان، والذباب) في هذه المكبات المفتوحة، مما يسهل انتشار الأمراض بين البشر والحيوانات. الراشح (السائل الذي يتسرب من خلال النفايات الصلبة) ينتهي به المطاف في التربة والمياه الجوفية عن طريق الترشيح وفي المياه السطحية عن طريق الجريان السطحي.



يتسبب الطمر المكشوف في المحيطات والبحار في تسمم الحياة المائية والتسمم الغذائي في الشبكة الغذائية. صدمت هذه الصورة العالم عام 2009، حيث كانت طيور القطرس تطعم صغارها النفايات حتى نفقت.

تُدفن النفايات الصلبة الخطرة وغير الخطرة في مدافن نفايات آمنة ومدافن صحية، على التوالي، مبطنة بطبقات غيرٍ منفذة من الطين والبلاستيك لتقليل تلوث المياه السطحية والجوفية. حالياً، يجري التخلص من نحو 60 % من النفايات الصلبة في الولايات المتحدة في مدافن قمامة صحية.

يبلغ متوسط عمر مدافن النفايات الصحية 10 سنوات لأن ظروف الحرمان من الأكسجين التي تنشأ في هذه المكبات تمنع تحلل المواد العضوية، وبالتالي تملأ سعتها الحجمية المحدودة بسرعة كبير. يؤدي تضخيم الأرباح، والفساد،

والافتقار إلى القدرة واللوائح الكافية لمدافن النفايات إلى حدوث صادرات قانونية وغير قانونية للنفايات من المناطق. في مثال على الصادرات القانونية، تتلقى كندا والمكسيك ما يقرب من 98 % من صادرات الولايات المتحدة من النفايات الخطرة.

يمكن أيضاً أن يتخذ التخلص من النفايات السائلة الخطرة من الأرض شكل التخلص من الآبار العميقة (الحقن في تكوينات جيولوجية جافة مسامية معزولة عن المياه الجوفية العلوية)، والتي تمثل 90 % من التخلص، أو حجز التربة (حُفر أو بِرَك)، والتي، جنباً إلى جنبٍ مع مدافن النفايات الآمنة، تمثل 9% من التخلص في الولايات المتحدة.

زاد حرق النفايات الصلبة البلدية (تسمى الحرق) كوسيلة لتقليل احتياجات مدافن النفايات وكتلة النفايات بنسبة تصل إلى 90 % من حيث الحجم و 75 % من حيث الوزن، مما يترك الكثير من النفايات الصلبة على شكل رماد قاع متبقي. في الوقت نفسه، يتسبب الحرق في تلوث الهواء المكثف عن طريق إطلاق الغازات السامة وغازات الدفيئة والرماد المتطاير والجسيمات الدقيقة (الهباء الجوي) التي تركز العديد من المواد السامة والمعادن النزرة من النفايات.

تتطلب مداخن الدخان أجهزة للتحكم في تلوث الهواء، مثلاً: (أجهزة غسل الحجر الجيري لإزالة ثاني أكسيد الكبريت والمرسبات الكهروستاتيكية لإزالة الرماد المتطاير) والمساهمة في تقليل الرؤية (الضباب) والصحة العامة في المناطق الحضرية. يشتمل الحرق على 17 % من جميع عمليات التخلص من النفايات الصلبة في الولايات المتحدة.

يمكن تحويل النفايات الصلبة القابلة للتحلل الحيوي، مثل: (النفايات الزراعية ونفايات الفناء الخلفي للمنازل) عن طريق العمل الميكروبي إلى دبال التربة، والمعروف باسم (التسميد Composting)؛ يمكن أن يخدم هذا أغراض

تعزيز إنتاجية التربة إذا جرى التغلب على مشكلات المواد السامة والرائحة. يسمى تحويل النفايات إلى مواد أقل خطورة أو غير خطرة بوسائل التكنولوجيا الحيوية (إزالة السموم Detoxification).

ومع ذلك، ما لم يتوخّ الحذر، فإن هذه الأساليب تشكل تهديدات كبيرة للحيوان والنبات وصحة الإنسان إذا سمح لها بإدخال السموم أو المنتجات الثانوية السامة في السلسلة الغذائية من خلال التراكم والتضخم الأحيائي.

يتسبب التخلص من النفايات في صراعات مجتمعية ومظالم بيئية عندما لا يرغب الناس في مواقع التخلص بالقُرْب من المكان الذي يعيشون فيه - والمعروفة باسم ليست في ساحتي الخلفية (NIMBY) واستجابات أو متلازمات استخدامات الأراضي غير المرغوب فيها محليّاً (LULUs) - بسبب مخاوف صحية في الوقت الحاضر وأجيال المستقبل وتراجع قيم الممتلكات.

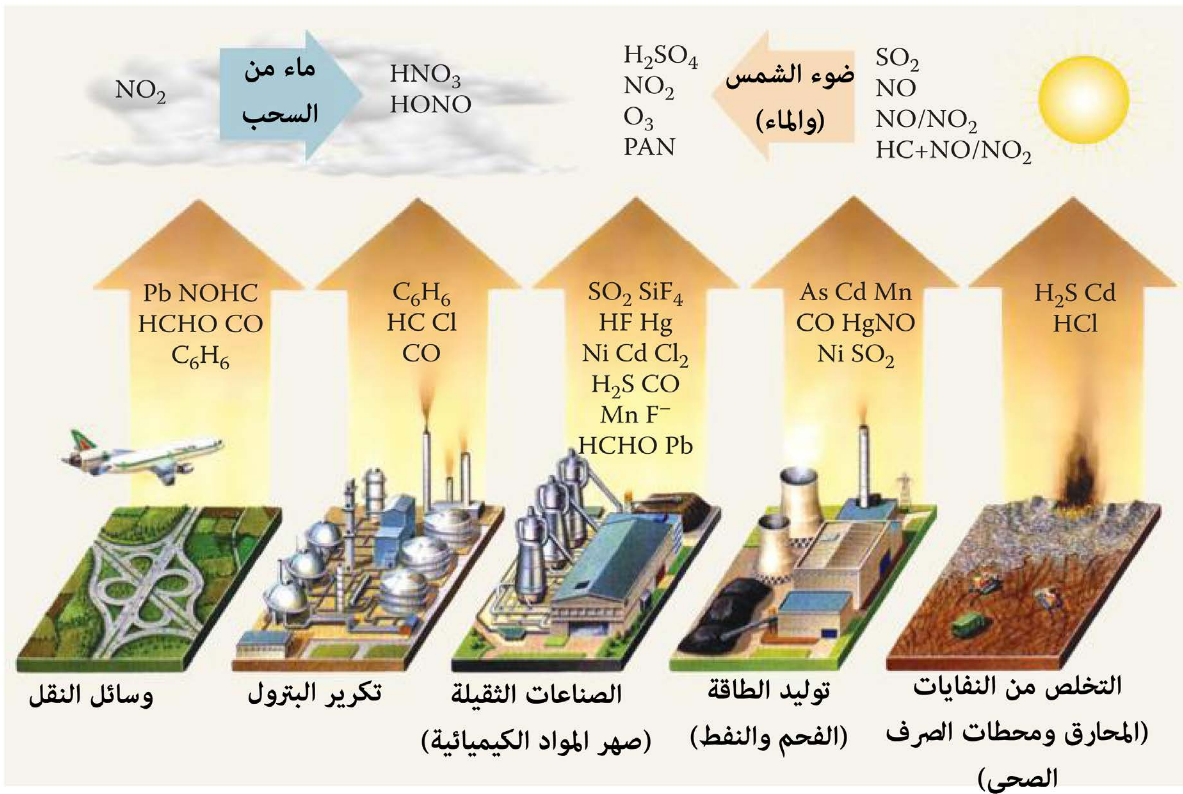
لهذه الأسباب، انخفض عدد مدافن النفايات العاملة في الولايات المتحدة من 20000 في عام 1973 إلى 2400 في عام 1996، لكن سعتها بقيت كما هي بسبب الحجم الكبير لمدافن النفايات الحالية. حملت ملوثات الهواء من قطاع النقل المُدن الأمريكية الأكثر انتشاراً والآسيوية الأقل انبعاثات.

- **المناخ الحضري وملوثات الهواء**

النقل والأنشطة الصناعية والتخلص من النفايات وتوليد الطاقة كلها مصادر رئيسية لتلوث الهواء، وتنتج مواد، مثل: (أكاسيد الكربون والنيتروجين والكبريت وثاني أكسيد الكربون والميثان). تعتبر مدافن النفايات أكبر مصدر (36 %) للميثان (CH4)، وأحد أهم غازات الدفيئة، وتنتج غالبية انبعاثات

الميثان (90-95 %) من مدافن النفايات الصلبة البلدية (MSW)، مع ما تبقى من التخلص من النفايات الصناعية في الولايات المتحدة.

تشمل ملوثات الهواء الأولية الأكثر شيوعاً في المناطق الحضرية أكاسيد الكبريت (SO_2 و SO_3) وأكاسيد النيتروجين (NO و NO_2 و N_2O) وأكاسيد الكربون (CO_2 و CO) والهباء الجوي (الجسيمات) والهيدروكربونات (CH_4 و C_6H_6). على المستوى المحلي، تسهم انبعاثات الشاحنات بنسبة 12 % من انبعاثات غازات الدفيئة بشرية المنشأ عالميّاً.



الأسباب الرئيسية الخمسة لملوثات الهواء الكيميائية في المناطق الحضرية.

قطاع النقل، في الوقت الحاضر، مسؤول عن نحو 20 و 40 % من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين العالمية، على التوالي، أثناء إنشاء الطرق واستخدامها وصيانتها.

في مراكز المُدن، تمثل حركة المرور على الطرق 90-95 % من أول أكسيد الكربون (CO) والرصاص (Pb)، و 60-70 % من أكاسيد النيتروجين (NOx) والهيدروكربونات (HCs) وحصة كبيرة من الجسيمات.

يتأثر السكان البشريون، وبخاصة الأطفال وكبار السن، الذين يتعرضون لتركيزات عالية من الهباء الجوي بشكل سلبي نتيجة لتفاقم أمراض الجهاز التنفسي والقلب والأوعية الدموية الموجودة، والتغيرات في جهاز المناعة في الجسم ضد المواد الغريبة، وتلف أنسجة الرئة والتسرطن والموت المبكر.

تختلف النظم البيئية (الحضرية -الصناعية) بشكل مميز عن تلك الموجودة في النظم البيئية الزراعية وشبه الطبيعية / الطبيعية المحيطة. يتميز المناخ الحضري بارتفاع متوسط درجات حرارة الهواء ومستويات تلوث الهواء، والجريان السريع لهطول الأمطار بسبب الأسطح غير النفاذة، والتبخر العالي في المناطق المبنية.

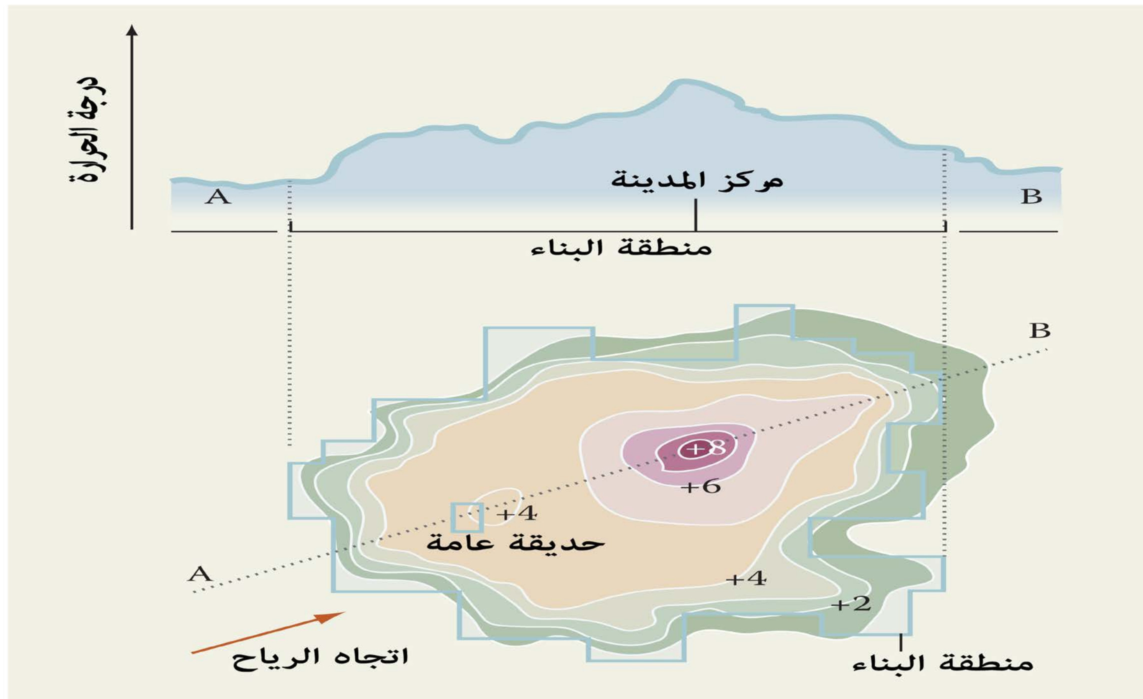
يعد تلوّث الهواء وتقليل الغطاء النباتي وزيادة انبعاثات الحرارة من العوامل الرئيسية التي تسبب الانحرافات الحرارية في المناخات الحضرية مثل تأثيرات الجزر الحرارية الحضرية والانعكاسات الحرارية.

يشير مصطلح (جزر الحرارة الحضرية Urban heat islands)، الذي لاحظه لوك هوارد لأول مرة في عام 1833، إلى درجات حرارة الهواء المرتفعة في المُدن

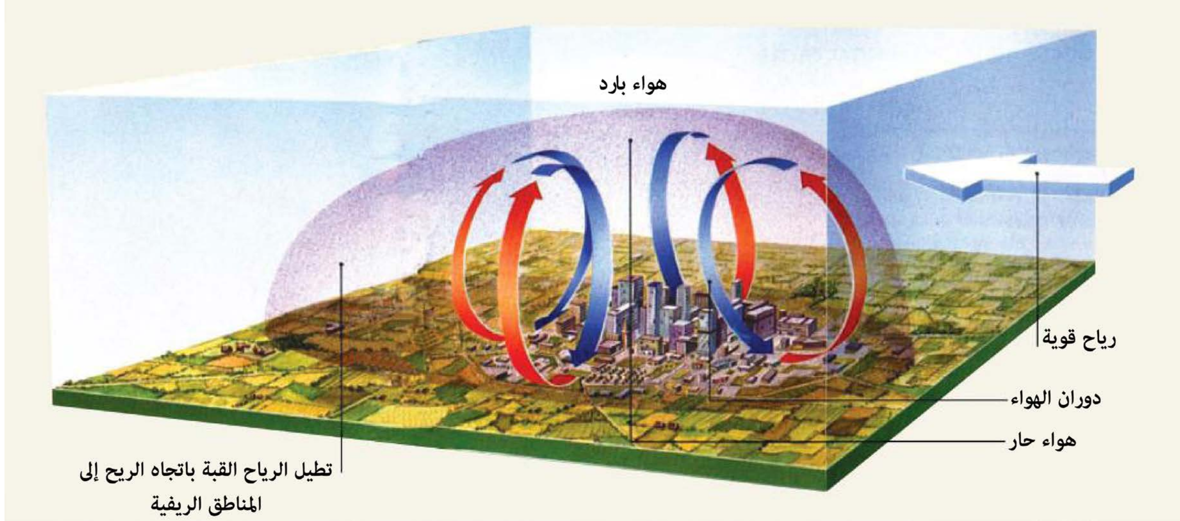
بالنسبة إلى المناطق الريفية المحيطة. تحبس قبة الحرارة فوق المُدن الملوثات العالقة والغازية، مما يزيد من تلوث الهواء الحضري بما يصل إلى 1000 مرة.

يمكن للرياح أن تمد القبة في اتجاه الريح إلى المناطق الريفية، وبالتالي تخلق جزيرة حرارية إقليمية. تحدث الانقلابات الحرارية عندما يحبس الهواء البارد تحت طبقة من الهواء الدافئ وبالتالي يمنع الهواء الملوث من الارتفاع على عكس الوضع الطبيعي الذي يرتفع فيه الهواء الساخن إلى الغلاف الجوي حاملاً الملوثات معه.

الميزات الطبوغرافية التي تمنع دوران الهواء الطبيعي، مثل: (الوديان والسواحل وجوانب الجبال المواجهة للريح) وجزر الحرارة الحضرية تزيد من احتمالية حدوث الانقلابات الحرارية في المناطق الحضرية.



بنية درجة حرارة الهواء في جزيرة حرارة حضرية.



تشكيل جزيرة حرارة إقليمية.

• الغطـــــاء النباتي الحضـــــري

تـؤدي المتنزهـات الحضرية والمسـاحات المفتوحـة مثـل السـاحات الخلفيـة وواجهـات الأنهار والمتنزهـات المجـاورة دوراً مُهمّاً ليس فقـط في تحسـين الظـروف البيئيـة الحضريـة ولكـن أيضـاً في جعـل سـكان المناطـق الحضريـة الذيـن يتزايـد عددهـم بسـرعة يشـعرون بأنهـم مرتبطـون بالبيئـة.

توجـد الأشـجار والشـجيرات والأعشـاب التـي تنمـو بشـكل طبيعـي وتـزرع في المسـاحات المفتوحـة في المناطـق الحضريـة وتشـكل نباتـات حضريـة تتـراوح مـن بقايا الموائل الطبيعية ومناطق الاسـتجمام البلديـة والأحزمـة الخضـراء والممـرات الخضـراء والحدائـق إلـى المقابـر والأراضـي الخاليـة المهجـورة.

بشكل عام، يمكن تصنيف الغطاء النباتي الحضري، بناءً على أنواع استخدام الأراضي الحضرية، كمناطق سكنية ومؤسساتية وتجارية ومواقع صناعية وأراضٍ

شاغرة داخل المدينة؛ والمناطق الترفيهية؛ والمقابر، وممرات المرور، مثل: (الطرق، والسكك الحديدية، والممرات المائية)؛ ومناطق التخلص من النفايات؛ وأجسام مائية؛ والغابات والحقول والبساتين. للنباتات الحضرية العديد من الوظائف البيئية والنفسية التي تعمل داخل المُدن وتتجاوز أيضاً حدودها السياسية.

تشمل الخدمات البيئية للنباتات الحضرية إنتاج الأكسجين والمأوى والغذاء للحيوانات، والتنوع البيولوجي، والترابط بين المناطق الحضرية والريفية عن طريق الهجرة والممرات المنتشرة، والمناطق العازلة والسيطرة على الامتداد الحضري، وامتصاص ملوثات الهواء والضوضاء، واستيعاب المياه وملوثات التربة، عزل غازات الاحتباس الحراري، واعتدال الظروف المناخية المتطرفة، والتحكم في مياه الأمطار، وتثبيت التربة، والاحتفاظ بالمياه، والمؤشرات البيولوجية لعلامات التغير البيئي.

تشمل الوظائف النفسية منع اغتراب الناس عن الطبيعة، والتنمية المعرفية وتعليم الناس بخاصة (الأطفال) عن الطبيعة، والفرص الترفيهية لجميع الفئات العمرية، والتمثيل الرمزي للمُدن، والمتعة الجمالية، والإثراء الروحي. ينتج تدهور وفقدان الغطاء النباتي الحضري عموماً عن عدم وجود مناهج تكاملية بيئية وتنفيذها في التخطيط الحضري والإقليمي.

من ناحية أخرى، يتطلب إدخال الأنواع الغريبة غير المناسبة للظروف المناخية في المناطق الحضرية مدخلات أعلى من الأسمدة والمبيدات الحشرية والمياه. ممارسات سوء الإدارة هذه لا تزيد من تلوث الهواء والماء والتربة فحسب، بل تزيد أيضاً من تكاليف الحفاظ على الغطاء النباتي الحضري.

يركز عدد قليل من المُدن في العالم حالياً على المحاسبة الكمية على استخدام الموارد والبصمة البيئية. وقد أحرزت مدينة لندن تقدماً كبيراً في هذا الصدد.

• حلول مشكلة استخدام الأراضي للتحضر والنقل

1. التخفيف من استهلاك المواد التي تطرح نفايات كثيرة.
2. الوقاية طويلة الأجل من الناحية البيئية وتوفير الحلول الأكثر فعاليةً من الناحية الاقتصادية للمشكلات البيئية.
3. اتبع العناصر الثلاثة لاستخدام الموارد: التقليل، وإعادة الاستخدام، وإعادة التدوير.
4. اسأل نفسك ما إذا كنت حقّاً بحاجة إلى عنصر معين، ورفض التغليف حيثما أمكن ذلك.
5. قم باستئجار أو استعارة أو مقايضة السلع والخدمات عندما يكون ذلك ممكناً، وشراء السلع المستعملة، والتبرع بالعناصر غير المستخدمة أو بيعها.
6. قم بشراء الأشياء التي يمكن إعادة استخدامها أو إعادة تدويرها أو تحويلها إلى سماد، وتأكد من إعادة استخدامها وإعادة تدويرها وتحويلها إلى سماد.
7. تجنب استخدام المستهلكات ولا تستخدم الورق المهمل والأطباق البلاستيكية والأكواب وأدوات الأكل والأشياء الأخرى، التي يمكن التخلص منها عند توفر إصدارات قابلة لإعادة الاستخدام أو قابلة لإعادة التعبئة.
8. استخدم البريد الإلكتروني أو الرسائل النصية بدلاً من البريد الورقي التقليدي.
9. اقرأ الصحف والمجلات على الإنترنت واقرأ الكتب الإلكترونية.
10. شراء المنتجات بكميات كبيرة أو مركزة كلما أمكن ذلك.

11. اشترِ المشروبات في عبوات زجاجية قابلة لإعادة التعبئة بدلاً من العلب أو الزجاجات القابلة للتخلص.

12. استخدم علب طعام بلاستيكية أو معدنية قابلة لإعادة الاستخدام.

13. احمل السندويشات وقم بتخزين الطعام المبرد في عبوات قابلة لإعادة الاستخدام بدلاً من تغليفها بورق الألومنيوم أو غلاف بلاستيكي.

14. استخدم البطاريات القابلة لإعادة الشحن وأعد تدويرها عند انتهاء عمرها الإنتاجي.

15. عند تناول الطعام بالخارج، أحضر أدواتك الفضية والمناديل القابلة لإعادة الاستخدام.

16. أحضر حاويتك القابلة لإعادة الاستخدام لأطعمة تناول الطعام في الخارج أو بقايا وجبات المطاعم.

17. احمل البقالة والأشياء الأخرى في سلة قابلة لإعادة الاستخدام أو كيس من القماش.

18. قم بشراء الأثاث المستعمل وأجهزة الكمبيوتر والسيارات والأشياء الأخرى بدلاً من شراء جديدة.

19. التخلي عن العناصر التي لم تعد تستخدمها أو بيعها.



مشكلة المـــوارد المائيـــة

إن محتوى الماء الكلي في جسم الإنسان 65 %، ويشكل 83 % من دم وكلى الإنسان و 75 % من الدماغ. تفقد كل من النباتات والحيوانات الماء، الأول من خلال النتح والأخير من خلال التعرّق ووظائف التمثيل الغذائي الأخرى. لكن يجب تجديد هذه الخسائر باستمرار.

بالنسبة للبشر الذين يعيشون في المناخات المعتدلة حيث المياه العذبة وفيرة على ما يبدو - أي يزيد التبخر على هطول الأمطار- كانت جودة المياه مصدر القلق المباشر. هذه سمة من سمات المناطق الواقعة شرق خط الطول 100 (الحدود الطولية التي تحدد الحدود الغربية لأوكلاهوما)، والتي تقترب من الانتقال من شرق الولايات المتحدة الرطب إلى غربها الجاف. وبالتالي، فقد جرى توجيه التشريع الأمريكي نحو تحديد المعايير ثم تحسينها لتحقيق إمدادات مياه نظيفة بما يكفي للاستهلاك البشري والاستجمام (ما يسمى بالهدف (القابل للسباحة) لقانون المياه النظيفة).

ومع ذلك، فإن الغالبية العظمى من البشر في العالم والماشية التي تدعمها، مثل: (منطقة الولايات المتحدة، غرب خط الطول 100) يجب أن تتعامل ليس فقط مع جودة المياه ولكن أيضاً مع توفرها؛ ليس هناك ما يكفي منها. بالنسبة لمنطقة واحدة من العالم، غنية ماليّاً في الوقت الحاضر، فقد صار العالم -في السنوات القليلة الماضية- مدركاً بشكل مؤلم للصراع على موارد النفط في الشرق الأوسط. لقد أدى الصراع إلى حجب المشكلة الأقدم والأكثر حدة في المنطقة المتمثلة في ندرة الموارد. يكمن وراء الرغبة الشديدة في الحصول على

النفط العطش المتزايد للماء. السائلان لا يمتزجان، وبما أن النفط أخف من الاثنين وأكثر قيمة ظاهريّاً، فإنه يميل إلى أن يطفو على قمة انتباه الجمهور. ولكن مع أنّ بعض دول الشرق الأوسط غنية بالنفط، إلا أن جميعها تقريباً فقيرة بالمياه، وتزداد فقراً.

لن يضمن أي تشريع أو (رقابة تنظيمية)، مع أساس بيئي قوي، إمدادات المياه في المناطق التي تعاني ندرتها الشديدة. كلا الجانبين - الجودة والكمية - مهمان جدّاً.

• استخدام واستنفاد المياه السطحية والجوفية

تقسم تقديرات الميزانية العالمية للمياه التهطال العالمي السنوي الذي يسقط على الأرض إلى إجمالي الجريان البري الذي يصل إلى 40700 كيلومتر مكعب في السنة، ويبلغ إجمالي التبخر بالنتح 69600 كيلومتر مكعب في العام.

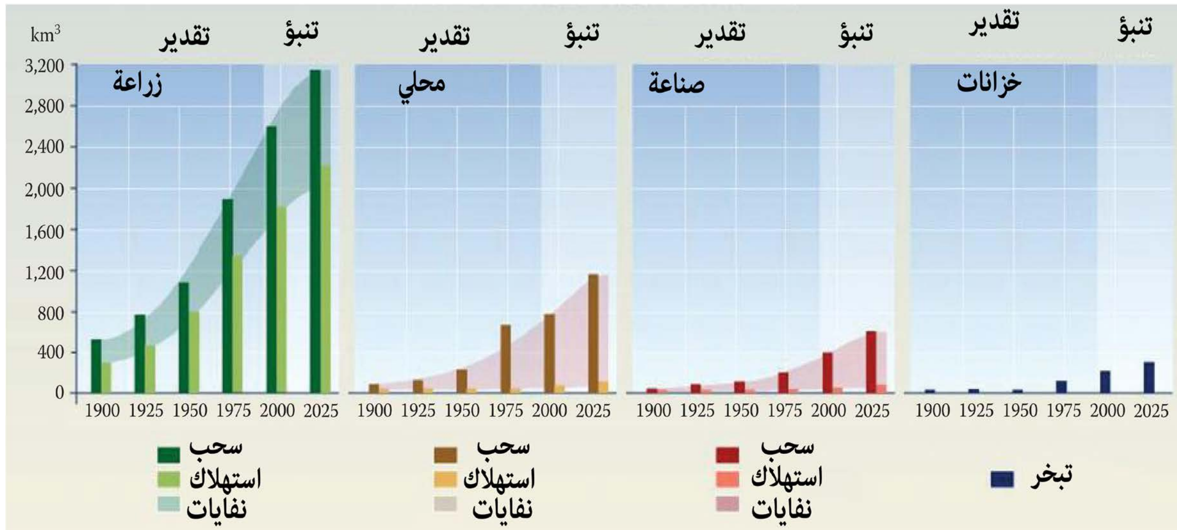
الجريان السطحي هو مصدر جميع الاستخدامات البشرية، مثل: (الري للزراعة، والصناعة، والاستخدام المنزلي أو البلدي، والاستخدامات الجارية)، مثلاً: (ملء الخزانات، ومصائد الأسماك، والترفيه، والملاحة، وتخفيف الملوثات، وتوليد الطاقة الكهرومائية).

يتزايد الطلب البشري على المياه بشكل مطرد على النطاق العالمي على المدى الطويل وفي الولايات المتحدة على المدى القصير نسبيّاً. تتلقى جميع النباتات، بما في ذلك المحاصيل البعلية، مياهها من الأمطار التي تأتي من بخار



الماء في الغلاف الجوي الناتج عن العملية الفيزيائية للتبخر ومن النتح بوساطة النباتات. يمكن أن يكون استخدام الإنسان للمياه في أحد الأشكال الثلاثة الآتية:

- عمليات السحب أو الاستخدامات خارج التيار أو عمليات الاستخراج (المعروفة أيضاً باسم الطلب على المياه أو استخدامها)، التي تمثل المياه التي جرت إزالتها من الأنهار والبحيرات وخزانات المياه الجوفية.
- الاستهلاك، الذي يشير إلى استخدام المياه بطريقة لا يجري استبدالها على الفور بالجريان السطحي بسبب التبخر، وما إلى ذلك، وبالتالي فهي غير متاحة للاستخدام.
- الحفاظ على التدفق، مثل: (صيانة القنوات الملاحية، وجودة المياه، والأنهار، ومصائد الأسماك، والحياة البرية، والنباتات النهرية، والتنوع البيولوجي المائي، والأنشطة الترفيهية).



الاستخدام العالمي للمياه للفترة 1900–2000، مع التوقعات حتى عام 2025، مما يشير إلى أن عمليات السحب والتبخر ستستمر في الزيادة.

الري الزراعي هو أكبر نشاط لاستخدام الأراضي، حيث يمثل نحو 70 و93 % من إجمالي سحب المياه واستهلاكها في العالم، على التوالي. وتشكل الأنشطة الصناعية والبلدية على المستوى العالمي نحو 20 و10 % من إجمالي سحب المياه و4 و3 % من إجمالي الاستهلاك على التوالي.

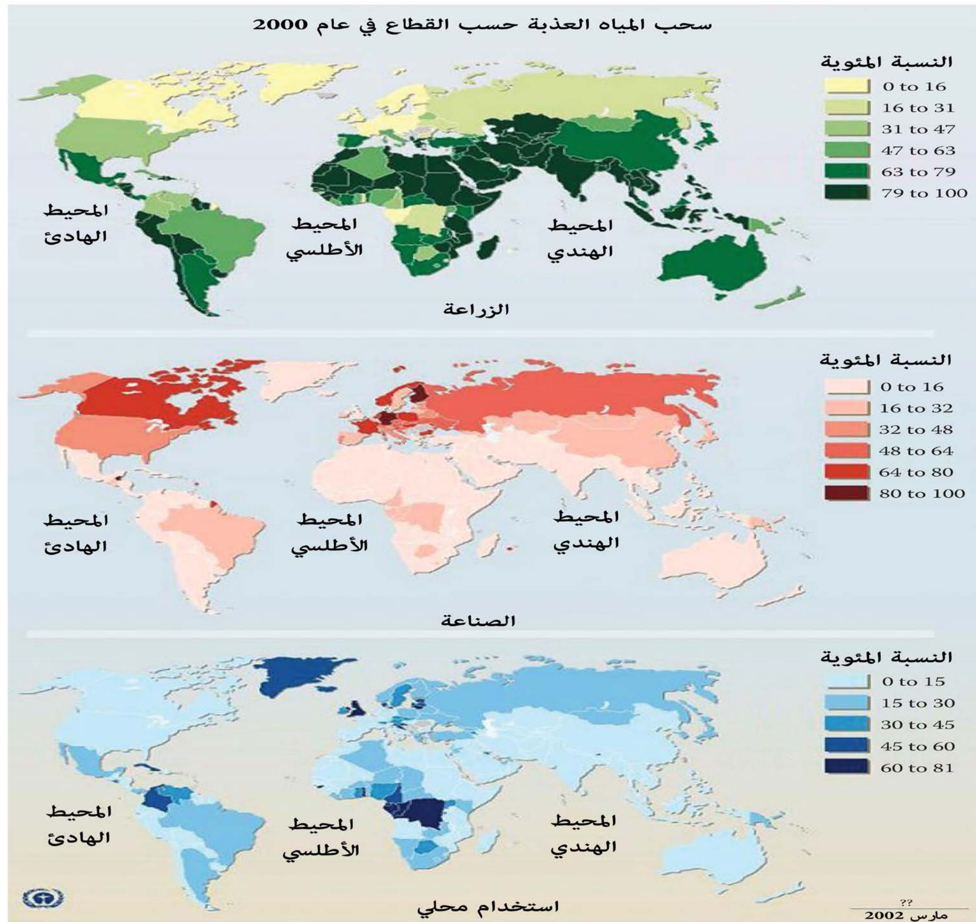
يعتبر الري والأنشطة التجارية المنزلية أكبر استخدامين استهلاكيين. شكلت 85 و 8 % على التوالي من إجمالي استهلاك المياه البالغ 1.41 متر مكعب للفرد في اليوم (379 مليون متر مكعب في اليوم لجميع السكان) في عام 1995، مقارنة بـ 1.28 متر مكعب للفرد في اليوم (231 مليون متر مكعب في اليوم) في عام 1960.

بلغ إجمالي المسحوبات العالمية من المياه في عام 1995 (3750 كيلومتر مكعب في السنة) مع استهلاك 2270 كيلومتراً مكعباً في السنة (يمثل 61 % سحب). ومن المتوقع أن تنمو هذه الأرقام لتصل إلى (5100 كيلومتر مكعب) في السنة مع استهلاك (2860 كيلو متراً مكعباً) في السنة بحلول عام 2025. وقد ارتفع استهلاك الإنسان من المياه ستة أضعاف في القرن الماضي، أي ضعف معدل النمو السكاني. يمتلك البشر بالفعل 54 % من الجريان السطحي الذي يمكن الوصول إليه على الأرض، ومن المتوقع أن يستخدموا أكثر من 70 % بحلول عام 2025.

الأنشطة البشرية الأساسية التي تؤثر بشكل مباشر وغير مباشر في كمية المياه هي الري الزراعي، والأنشطة الصناعية والبلدية، والتغيرات في استخدام الأراضي وغطاء الأرض، مثلاً: (إزالة الغابات، وعكسها، والتشجير، والسدود والخزانات السطحية، وفقدان الأراضي الرطبة) وتلوث المياه.



تفرض العديد من الحكومات على مستهلكي المياه تكلفة أقل بكثير من تكاليف شراء المياه عن طريق السدود والضخ وما إلى ذلك، مما لا يعطي أي حافز للمستهلكين للحفاظ على المياه. في أستراليا، ترتبط حقوق المياه بالحصول على أرض مجاورة لنهر مُدار، ولا يمكن لأحد بيع حقوق المياه الخاصة به. لقد اقترح أنه إذا كان بإمكان المرء بيع حقوق المياه الخاصة به، فمن المحتمل أن يدفع الشخص الذي يشتريها ما يقرب من القيمة الحقيقية للمياه، مما يشجع على الحفاظ عليها.



المسحوبات العالمية للمياه العذبة لمختلف القطاعات، بما في ذلك الزراعة والاستخدامات الصناعية والمنزلية.

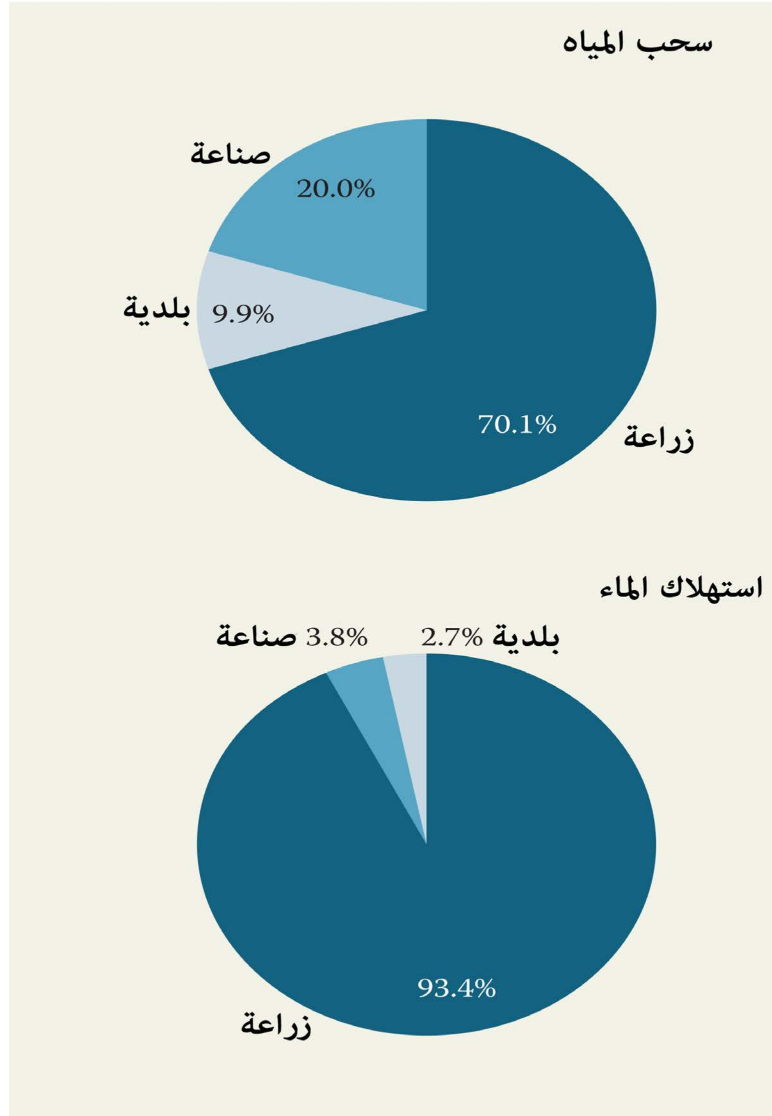
تختلف الكميات النسبية للمياه المسحوبة والمستهلكة والمستخدمة بشكل كبير باختلاف الاستخدامات ومصادر تلك المياه. إجمالاً 77.6 % من المياه المتوفرة تأتي من التدفق السطحي، و 22.4 % المتبقية يجري ضخها من مصادر المياه الجوفية (طبقات المياه الجوفية). من 9.5 % المستخدمة لإمدادات المياه العامة، يأتي ما يقرب من ضعف تلك الكمية من المياه الجوفية، ويذهب 87.9 % من الإمداد العام إلى الاستخدام المنزلي والتجاري.

يُطلق معظم المياه (المنزلية - التجارية) (80.8 %) في نهاية المطاف على شكل تدفق عائد على شكل مياه صرف صحي. تعيد محطات التوليد الكهروحرارية 97.5 % من المياه التي تستخرجها للتبريد، وتستهلك 2.5 % فقط. ومع ذلك، فإن الاستخدامات الزراعية (الري والماشية) تستهلك 60.7 % من المياه التي تزيلها لأن القليل من مياه الري تعود إلى مصدر الري؛ قد يتحلل الماء العائد بإضافة الملح أو المغذيات أو المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب.

أجرى الباحثون سلسلة من تحليلات التوازن الشامل للمياه العذبة في العالم، وتقدير كمية الجريان السطحي واستخراج المياه الجوفية من خلال الأنشطة البشرية المختلفة ومقدار ذلك الذي لم يجرِ إرجاعه، وبالتالي يمكن حسابه على أنه استهلاك.

يتم التحكم (بالاشتراك) في الكثير من عمليات التبخر بالنتح التي تعيد المياه إلى الغلاف الجوي من قِبل البشر؛ لأنهم يحصدون النباتات التي تنقل المياه، وبالتالي تتداخل مع عملية التبخر. لإجراء هذا الحساب، استخدم الباحثون تقديرات لكمية الإنتاج النباتي مضروبة في لتر واحد من الماء الناتج لكل 2 غرام من الكتلة الحيوية للنبات. لقد قرروا أن 45 % من التبخر بالنتح قد (اختير) من قِبل البشر لاستخدامات مختلفة.





سحب المياه واستهلاكها حسب القطاعات. حيث تتم مقارنة الكميات النسبية للمياه المسحوبة من قِبل المستخدمين الزراعيين والبلديين والصناعيين في الأعلى والمقادير النسبية لصافي الاستهلاك من قِبل نفس القطاعات الثلاثة في الأسفل. لا تقوم الزراعة بسحب أكبر كمية من المياه فحسب، بل تقوم أيضاً بإرجاع أصغر جزء من المياه التي تستخدمها في الجريان السطحي.



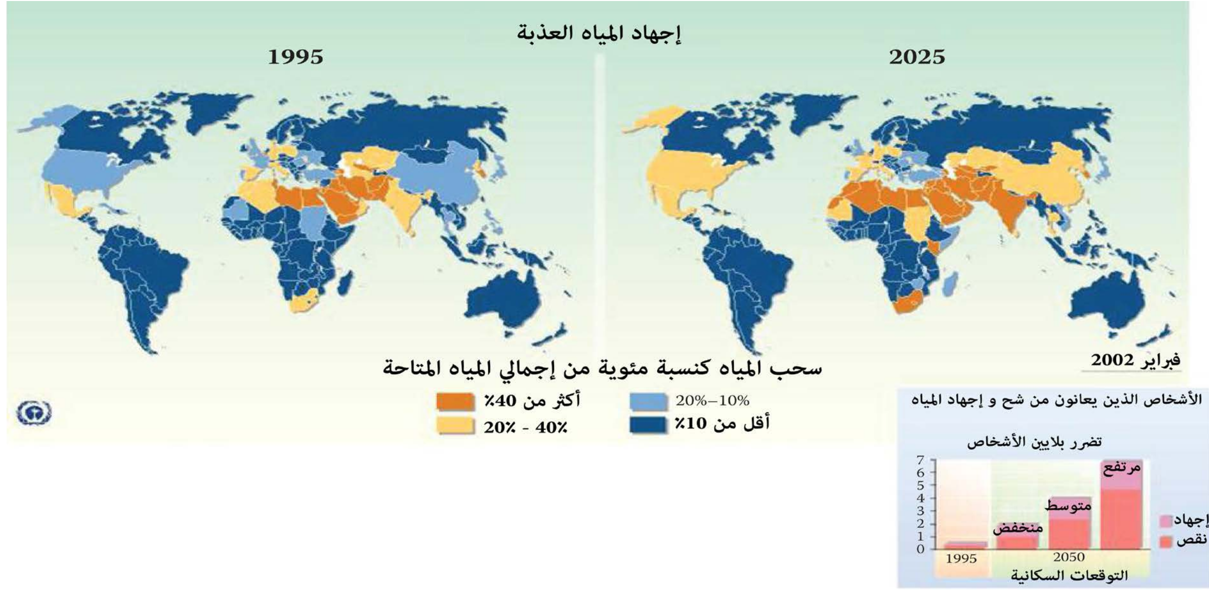
تمثّل الخزانات أيضاً استخداماً مرتفعاً للاستهلاك بسبب خسائرها في التبخر. من إجمالي هطول الأمطار الذي جرى التقاطه بوساطة الغطاء النباتي على الأرض (أي إجمالي التبخر النتحي البالغ 69600 كيلومتر مكعب في السنة)، وجرى تخصيص 26 % منه من قِبل الإنسان، ومن إجمالي هطول الأمطار الذي يمكن الوصول إليه بسهولة، خصص البشر 30 %.

كما ذكرنا سابقاً، لا يُوزّع الجريان السطحي على الأرض بشكل متناسب مع السكان المحليين. مثلاً، مع وجود 60.5 % من سكان العالم، تمتلك آسيا 35.8 % فقط من جريان الأنهار العالمي. في المقابل، يوجد في أمريكا الجنوبية 25.6 % من جريان الأنهار العالمي و5.5 % فقط من سكان العالم. بشكل عام، تتأثر الأمة سلباً بندرة المياه والإجهاد المائي عندما تنخفض مستويات الجريان السطحي التي يمكن الوصول إليها إلى أقل من 1700 و1000 متر مكعب للفرد سنويّاً، على التوالي.

المتطلبات المتنافسة للصناعات والمُدن والأسر المعيشية والزراعة والحياة البرية ووظائف النظام البيئي الأخرى لإمدادات المياه المحدودة تجعل الاكتفاء الذاتي من الغذاء صعباً جدّاً، إن لم يكن مستحيلاً.

يشكل النمو السكاني البشري في المناطق شبه الجافة والجافة ضغطاً على الكمية الإجمالية للمياه المتاحة في طبقات المياه الجوفية والمجاري المائية، مما يؤدي إلى ما يسمى (ندرة المياه الديموغرافية).





سيواجه أكثر من 2.8 بليون شخص في 48 دولة إجهاداً مائيّاً أو حالات ندرة بحلول عام 2025. ومن بين هذه البلدان، يوجد 40 بلداً في غرب آسيا أو شمال إفريقيا أو جنوب الصحراء الكبرى. بحلول عام 2025، من المتوقع أن تدفع الزيادة السكانية والطلب المتزايد جميع دول غرب آسيا إلى حالات ندرة المياه.

ذكر تقرير للأمم المتحدة أن ما يقرب من 2.3 بليون شخص يواجهون نقصاً في المياه. فقط عند المستويات التي تتجاوز 2000 متر مكعب للفرد في السنة تعتبر مناطق ذات إمدادات مياه وفيرة. يُفترض أن نحو 100 لتر من الماء للفرد في اليوم (ما يعادل 36 متراً مكعباً للفرد في السنة) هي المياه المنزلية طويلة الأجل المطلوبة للحفاظ على نوعية حياة واقعية.

إنّ تطوير نظام إنتاج غذائي مكتف ذاتيّاً في مناخ شبه جاف يتوافق مع 720-800 متر مكعب للفرد سنويّاً. هناك حاجة إلى نحو 1 و 5 أمتار مكعبة من المياه لكل 1000 كيلو كالوري بشكل عام لإنتاج المحاصيل والحيوان، على التوالي. بناءً على ذلك، يتطلب الحصول على مستوى غذائي سليم يبلغ 2700

كيلو كالوري للفرد يوميّاً – 2300 كيلو كالوري من النباتات و 400 كيلو كالوري من الحيوانات – 4.3 متر مكعب من الماء للفرد يوميّاً (أو 1570 متراً مكعباً لكل شخص في السنة).

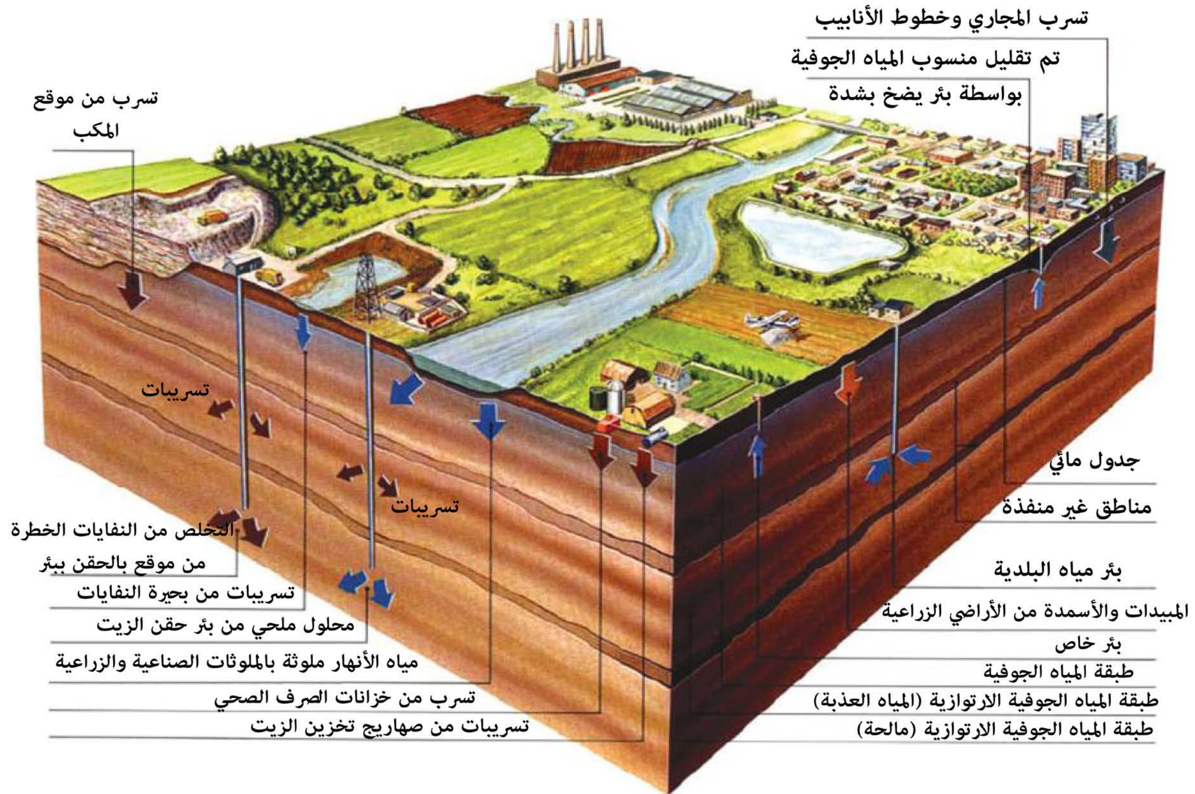
اعتمادًا على المناخ، قد يجري توفير كل هذا من خلال مياه الري في المناخ الجاف، ورطوبة التربة في المناخ الرطب، ومياه الري بنسبة 50 % ورطوبة التربة بنسبة 50 % في المناخ شبه الجاف. وقد تختلف المياه اللازمة للصناعة من 36 إلى 360 متر مكعب للفرد في السنة، اعتماداً على كفاءة استخدام المياه للصناعات ونوعية المياه وكميتها في البلدان.

توسعت المساحة الزراعية المروية بنسبة 107 % من 129.4 مليون هكتار في عام 1961 إلى 267.7 مليون هكتار في عام 1997، وتشكل نحو 18 و 33 % من الأراضي الزراعية في العالم والإنتاج الغذائي السنوي، على التوالي. ومن المتوقع أن تنمو لتصل إلى 330 مليون هكتار بحلول عام 2025. تبلغ الكفاءة الإجمالية للري الزراعي في جميع أنحاء العالم 40 % فقط، مما يعني أن 60 % بالكامل من المياه تُهدر في الإنتاج الزراعي بسبب التسرب من أنظمة التوزيع والتبخر من التربة الجرداء.

علاوة على ذلك، تسهم الإعانات الحكومية للإنتاج الزراعي في إهدار إمدادات المياه. مثلاً، في تونس، تُسعّر المياه بسُبع تكلفة ضخها، وبالتالي تتثبط همة الناس في الحفاظ على الموارد المائية واستخدامها بكفاءة. تسبب الاستخدام غير الفعَّال والمتزايد للمياه في الاستغلال المفرط لإمدادات المياه العذبة في العالم بنضوب الخزان الجوفي، وانخفاض منسوب المياه، وانخفاض معدلات التصريف في الأنهار والأراضي الرطبة والبحار.

• اســـتخدام الميـــاه الجوفيـــة

يؤدي السحب أو الضخ الزائد عن معدل إعادة تغذية الخزان الجوفي إلى انخفاض تدريجي في منسوب المياه الجوفية (يسمى تعدين المياه Water Mining)، مما يؤدي إلى إنشاء منطقة خالية من المياه تُعرف باسم (مخروط الانخفاض Cone of Depression) على المدى القصير واستنزاف طبقات المياه الجوفية على المدى الطويل.

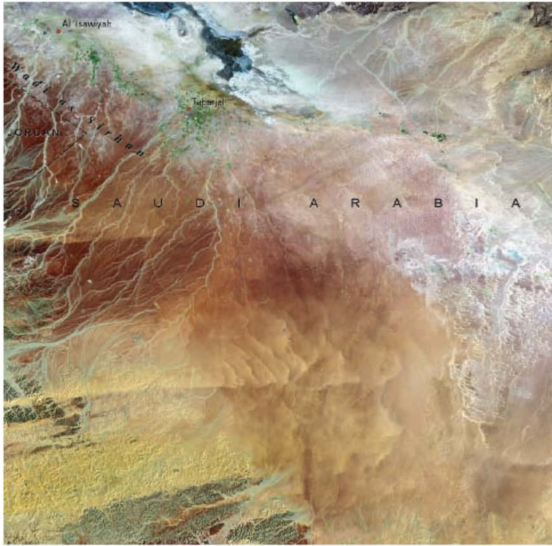


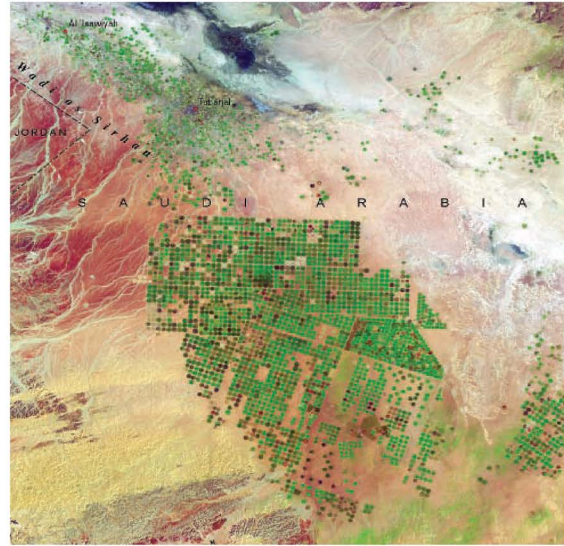
طرائق استخراج المياه الجوفية وتلوثها.

يهدد نضوب طبقة المياه الجوفية أهم مناطق إنتاج الغذاء في العالم، بما في ذلك السهل الشمالي للصين، والبنجاب في الهند، ومناطق واسعة من شمال

إفريقيا والشرق الأوسط وجنوب شرق آسيا وغرب الولايات المتحدة، مما يؤدي إلى تفاقم انعدام الأمن الغذائي العالمي.

يؤدي الاستخراج المفرط للمياه العذبة في المناطق الساحلية إلى انتقال المياه المالحة إلى طبقات المياه الجوفية، وهي عملية تسمى (تسرب المياه المالحة Saltwater Intrusion). بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي استنفاد الخزان الجوفي من الصخور المسامية إلى غرق مستوى السطح بمرور الوقت، وهو ما يسمى (الهبوط Subsidence). مثلاً، أدى نضوب طبقة المياه الجوفية في وادي سان خواكين بكاليفورنيا إلى هبوط يبلغ 10 أمتار في بعض المناطق في الخمسين عاماً الماضية.





تُظهر صور الأقمار الصناعية هذه الأراضي الزراعية المروية بواسطة المياه الجوفية، التي يتم ضخها من طبقة المياه الجوفية القديمة وغير المتجددة في منطقة صحراوية شاسعة من المملكة العربية السعودية بين عامي 1986 (على اليسار) و2004 (على اليمين). تظهر المناطق المروية كنقاط خضراء (تمثل كل منها نظام رش دائري) وتظهر النقاط البنية المناطق التي جفت فيها الآبار وعادت الأرض إلى الصحراء. يقدر علماء الهيدرولوجيا أنه بسبب نضوب طبقة المياه الجوفية، ستختفي معظم الزراعة المروية في المملكة العربية السعودية في غضون السنوات الخمس إلى العشر القادمة.



لقد انخفضت مستويات المياه في المسطحات المائية الداخلية مثل بحيرة تشاد بشكل كبير بسبب الاستخدام المكثف لمياهها للري الزراعي. المعلومات التي جرى جمعها عن البحر الميت (فلسطين والأردن) مفيدة بشكل خاصٍّ. كما نعلم أنه لا يوجد منفذ للبحر الميت، لذا فإن المياه التي تدخله (بشكل أساسي من نهر الأردن تدخل في نهايته الشمالية) تتبخر، تاركة المياه المالحة، بخاصة في الحوض الجنوبي الضحل. في الواقع، جرى استخدام برك التبخير الضحلة التي حُفرت هناك في الثلاثينيات لإنتاج الملح. أدى تحويل مياه نهر الأردن للري الزراعي إلى تقليل التدفق إلى البحر الميت، لذلك انخفض منسوبه 20 متراً منذ عام 1930. وتصل المياه حالياً إلى أحواض التبخير فقط؛ لأنها تُضخ من الحوض الشمالي الأعمق.

من الواضح أن الحرمان من مياه الأنهار يؤدي إلى انخفاض منسوب المياه في الأنهار وانخفاض مناسيب المياه الجوفية، وزيادة الملوحة، وتجفيف الأراضي الرطبة، وتحويل المياه من الحياة البرية، وتدهور وفقدان الحياة المائية.

• الصـــــراع على الميـــــاه

تماماً مثل الهواء، يعد الماء (بخاصة في الأنهار) مورداً طبيعيّاً عابراً للحدود تشترك فيه مناطق المنبع والمصب. التنسيق والتعاون بين المناطق والدول التي تستخدم هذه الموارد ضروريان للحفاظ على الموارد وحمايتها، لا سِيَّما في البلدان والمناطق ذات المياه المحدودة.

من الأمثلة على النزاعات الدولية على الموارد المائية في ثلاثة أحواض أنهار مشتركة في الشرق الأوسط: نهر الأردن، الذي يتدفق بين الأردن وسوريا وفلسطين المحتلة. ونهر دجلة والفرات، الذي يتدفق من تركيا عبر سوريا إلى العراق؛ والنيل الذي تشترك فيه مصر والسودان وإثيوبيا. في جنوب آسيا، تشتعل الصراعات الدولية في حوض نهر السند بين الهند وباكستان وحوض الغانج بين الهند وبنغلاديش.

من بين تلك المشروعات، حظي مشروع جنوب شرق الأناضول في تركيا (المسمى GAP) على اسم (Guneydogu Anadolu Projesi) باهتمام كبير. وعند اكتمال المشروع، الذي تبلغ تكلفته 20 بليون دولار، سيكون فيه 88 سداً ومياه كافية لري 2 مليون هكتار.

بالإضافة إلى النزاعات الدولية في جميع أنحاء العالم، تعتبر ندرة المياه مصدراً للنزاعات على استخدام الأراضي والمنافسة بسبب عدم كفاية الفهم والتقييم للعواقب الاجتماعية والبيئية والاقتصادية، فضلاً عن دوافع تعظيم الأرباح التي تؤدي في النهاية إلى التدهور. الموارد المائية على المستويات المحلية والإقليمية.

في عام 1995، كان نحو 40 % من 613 مدينة في العالم تضم كل منها أكثر من 500000 نسمة تقع في المناطق الساحلية، و75 % من المُدن الضخمة (تلك التي تضم أكثر من 10 ملايين نسمة) كانت ساحلية. عندما يقترن ذلك بنقص البُنى التحتية المادية وسوء الإدارة، فإن الضغوط المتزايدة من الأنشطة الصناعية الحضرية الساحلية، مثل: (الإسكان والسياحة والنقل البحري والتخلص من النفايات) تؤدي إلى خسائر في النظم البيئية الساحلية الصحية (الأراضي

الرطبة وأشجار المنغروف والشعاب المرجانية) والنظام البيئي الإنتاجية والتنوع البيولوجي والاستقرار والقيم الجمالية.

في عام 1997، كان نصف سكان الولايات المتحدة البالغ عددهم 269 مليون نسمة تقريبًا يعيشون في مقاطعات ساحلية بمتوسط كثافة سكانية يبلغ 132 شخصًا لكل كيلومتر مربع، أي أكثر من أربعة أضعاف مثيله في المقاطعات غير الساحلية. كانت إحدى النتائج أن الامتداد التقديري للأراضي الرطبة في الولايات المتحدة انخفض من 894355 كيلومتر مربع في القرن الثامن عشر إلى 408328 كيلومتراً مربعاً في عام 1995، 95 % منها كانت أراضٍ رطبة داخلية بالمياه العذبة و5 % كانت أراضٍ رطبة ساحلية أو عند مصبات الأنهار. ومن الأمثلة الموثقة على المياه التي تم تحويلها للاستهلاك الحضري والزراعي في فلوريدا من نهر إيفرجليدز، الذي تقلص من 11700 إلى 5960 كيلومتر مربع، مما يعرض 68 من الأنواع المحلية لخطر الانقراض، بما في ذلك خروف البحر ونمر فلوريدا.

• السباق على المياه

قد يؤدي استخدام المياه إلى جعل الفئات المستهدفة تقابل بعضها بعضاً، مثلاً: (المناطق الطبيعية مقابل استخدامات الأرض البشرية أو الزراعة مقابل المُدن)، وهذا يمكن أن يؤدي إلى التوترات السطحية التي تتزايد لبعض الوقت. في كاليفورنيا -مثلاً- قيل بشكل مقنع مع أنّ الصناعة الزراعية تمثل 85 % من عمليات سحب المياه في الولاية، فإن الزراعة لا تمثل سوى جزء صغير من إجمالي الناتج المحلي (14 بليون دولار من 550 بليون دولار في عام 1988).

المراعـي المرويـة وحدهـا تسـتهلك كميـة الميـاه اللازمـة لجميـع سـكان الولايـة. وبالتالـي، فـإن الإعانـات المقدمـة لمسـتخدمي الميـاه في الزراعة قـد تعرضت لتحديات خطيـرة بسـبب نـدرة الميـاه هنـاك. وبالمثـل، في نيـو مكسـيكو، تمثـل الزراعـة 18 % فقـط مـن دخـل الولايـة ولكنهـا تسـتخدم 92 % مـن الميـاه. في جميـع أنحـاء العالـم، ستنتشـر مثـل هـذه المخـاوف علـى نطـاق واسـع لأن معـدل تناقـص الميـاه العذبـة يتزايـد بنسـبة 6 % سـنويّاً.

بالإضافـة إلـى نـدرة الميـاه التـي تهـدد رفاهيـة المجتمـع والنظـم البيئيـة، فـإن الكثيـر مـن الميـاه يمكـن أن يعـرّض المناطـق المتاخمـة للأنهـار والجـداول (تسـمى السـهول الفيضيـة) لخطـر الفيضانـات. تحـدث الفيضانـات (انتشـار الميـاه علـى السـهول الفيضيـة ومناطـق الأرض فيمـا وراءهـا) عندمـا يزيـد الجريـان السـطحي خـلال أوقـات هطـول الأمطـار المرتفعـة يتجـاوز قـدرة تصريـف قنـوات التيـار.

تعـد إزالـة الغطـاء النباتـي الممتـص للمـاء بسـبب اسـتخدامات الأرض مثـل القطـع والتحضـر والزراعـة أحـد أهـم العوامـل البشـرية التـي تسـبب الفيضانـات عـن طريـق تقليـل معـدل التبخـر وزيـادة معـدل الجريـان السـطحي.

إدارة التدفـق لهـا تأثيـر أيضـاً؛ حيـث تتعمـق التدفقـات وتقويمهـا لزيـادة معـدل تدفـق الميـاه مـن منطقـة مـا بحيـث لا ترتفـع إلـى مسـتويات الفيضـان، وهـو إجـراء يُعـرف باسـم (التوجيـه). ومـع ذلـك، في الولايـات المتحـدة، صـارت الآثـار المعاكسـة للتوجيـه معروفـة جيـداً منـذ سـن قانـون السياسـة البيئيـة الوطنيـة لعـام 1970. ونتيجـة لذلـك، يجـري القليـل مـن التوجيـه حاليـاً في الأمـة.

• جـــودة الميــاه العذبـــة والنظـم البيئية البحريـــة

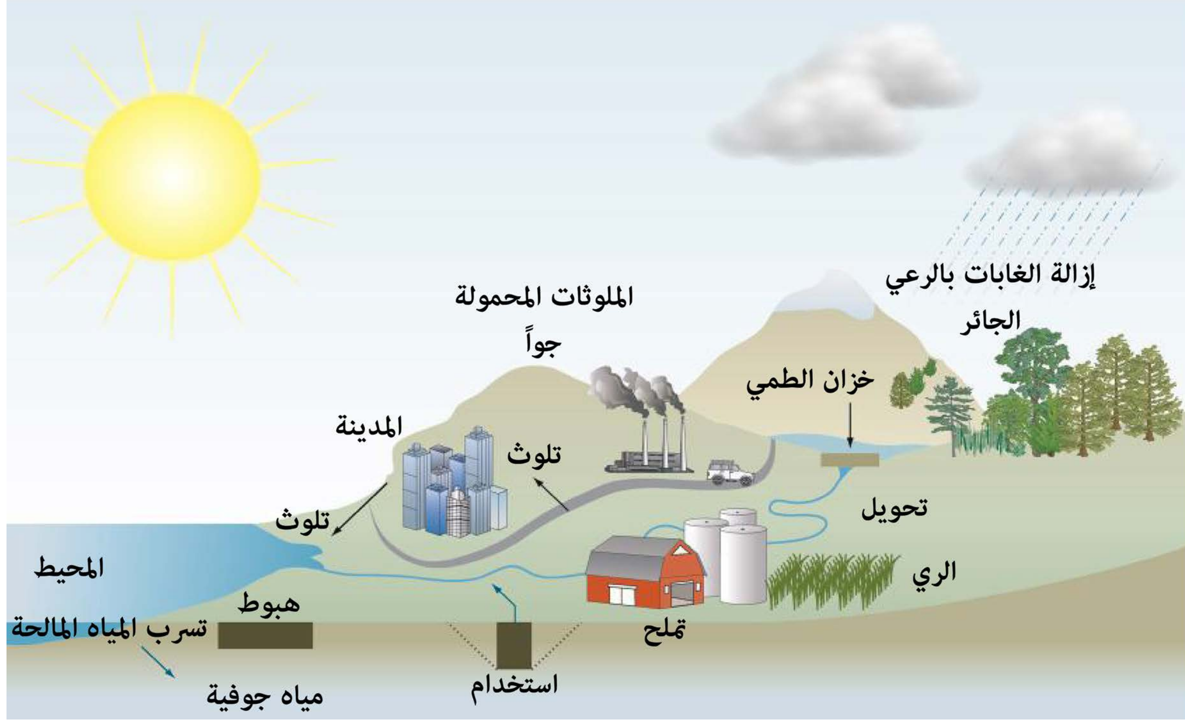
تؤدي الاستخدامات البشرية للأراضي والمياه وممارسات الإدارة التي تعد ولا تحصى إلى إطلاق مواد، تتراوح من النفايات الصلبة إلى المركبات السامة، في موارد المياه. بشكل جماعي، يشار إلى المواد التي تغير التركيب البيولوجي والكيميائي للمياه وتضر بصحة أو بقاء أو أنشطة الحياة المائية والسكان البشريين على أنها ملوثات المياه.

من السهل نسبيّاً تحديد المصادر النقطية لتلوث المياه؛ وهي تشمل التصريفات من محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية ومعظم المصانع الصناعية، ويجب أن تنظمها قوانين الدولة المصممة للتحكم في كمية الملوثات التي تدخل مجرى معين، على وجه التحديد، قوانين النظام الوطني للقضاء على التصريف من التلوث (NPDES).

تعد الأنشطة الزراعية (وبعض طرق التعدين) والطرقات وخزانات الصرف الصحي ومياه العواصف الحضرية مصادر غير محددة للتلوث تسمى أيضاً (المصادر المنتشرة) التي لا تلوث المياه السطحية فحسب، بل تلوث المياه الجوفية أيضاً من خلال التسرب.

قد يأتي تدهور المياه العذبة والبحرية من الضغوط البشرية من أنواع مختلفة. وتشمل ملوثات المياه الجسيمات، والمواد الكيميائية العضوية وغير العضوية، والكائنات الحية، مجمعة على التوالي كملوثات فيزيائية وكيميائية وحيوية. فقد تتحرك الجسيمات في اتجاه مجرى النهر و / أو تتراكم في القاع. كلما زاد سوء إدارة ممارسات استخدام الأراضي (إزالة الغابات، والمراعي المفرطة في الرعي،

والأراضـي الزراعيـة المزروعـة، والمناجـم الشـريطية، والتحضـر، والأحـواض التـي أزيلت منها الغابات)، كانت معدلات التعرية والترسيب أكثر تسارعاً.



أشكال الضغوط البشرية على موارد المياه.

تحمـل الميـاه المحملـة بالرواسـب الجسـيمات العالقـة؛ زيـادة العـكارة التـي تمنـع الاختـراق العميـق للضـوء، وبالتالـي فـإن تقليـل الإنتاجيـة الأوليـة؛ وارتفـاع مسـتويات المغذيـات غيـر العضويـة، وبالتالـي زيـادة معـدل فـرط المغذيـات؛ ومنعطفـات مجـرى وقيعـان الأنهـار، يـؤدي إلـى خنـق كائنـات التيـار بشـكل فعَّـال؛ ويمكـن أن تحمـل كميـات كبيـرة مـن المـواد السـامة. كل مـن تلـك يؤثـر سـلباً ﰲ الحيـاة المائيـة. بالإضافـة إلـى ذلـك، يسـد الترسـيب المجـاري المائيـة والخزانـات والبحيـرات وخنـادق الـري. تأتـي جميـع المـواد المعلقـة تقريبـاً مـن مصـادر غيـر محـددة، ﰲ الغالـب الزراعـة وأنشـطة البنـاء.

تشمل ملوثات المياه الكيميائية مجموعة متنوعة من العناصر والمركبات غير العضوية والعضوية. تشمل الملوثات غير العضوية عناصر، مثل: الفوسفور والنتروجين (ومركباتها)؛ والمواد الكيميائية القابلة للذوبان في الماء مثل الأملاح؛ مجموعة كبيرة ومتنوعة من المعادن، مثل: (المنغنيز، والزنك، والرصاص، والكروم، والزرنيخ، والنحاس، والنيكل، والكادميوم، والزئبق، والسيلينيوم)، في بعض المناطق، حتى النويدات المشعة القابلة للذوبان في الماء مثل الراديوم والثوريوم؛ ومنتجات اضمحلال اليورانيوم. يأتي ما يقرب من 82 % من النيتروجين و 84 % من الفوسفور من مصادر غير محددة، ومرة أخرى بشكل أساسي من الأنشطة الزراعية.

الجريان السطحي للأسمدة من المناطق الزراعية والحضرية، والنفايات السائلة الغنية بالمغذيات من محطات معالجة مياه الصرف الصحي، والتآكل المتسارع للتربة السطحية الغنية بالمغذيات هي المصادر الرئيسية لإثراء المغذيات، وهي عملية تؤدي إلى النمو المفرط للطحالب والنباتات المائية. يؤدي التحلل الجرثومي لهذه النباتات إلى استنفاد الأكسجين المطلوب بيولوجيّاً الذائب في المسطحات المائية ويمكن أن يسبب نقص الأكسجة Hypoxia.

في البيئة البحرية، يمكن إعادة تدوير المياه غير المؤكسدة التي تحوي على كائنات مائية نافقة إلى الشاطئ مع الرياح البحرية. مثلاً، تسبب جريان الأسمدة في نهر المسيسيبي من أيوا وأوهايو وإلينوي في إغناء منطقة بمساحة 17500 كيلومتر مربع في خليج المكسيك، مما أدى إلى تدمير مصايد الأسماك التجارية. تُعرف هذه المنطقة الآن باسم (المنطقة الميتة).

أظهر أحدث مخزون من المواد السامة لوكالة حماية البيئة الأمريكية أن الشركات الأمريكية أبلغت عن إطلاق 544300 طن من المواد الكيميائية في الهواء

والماء، منها 33500 طن أُطلقت في المياه السطحية. من هذه المواد الكيميائية، 53 % معروفة أو مشتبه بها سموم عصبية أو نمائية. ويشير التقرير كذلك إلى أنه نظراً لأن الشركات الكيماوية أبلغت عن ما يقدر بنسبة 5 % فقط من جميع الإطلاقات الكيميائية، فإن إجمالي الإطلاق المقدر قد يصل إلى 10.8 مليون طن.

هناك أيضاً تنوع كبير في الملوثات العضوية. وتشمل هذه المواد البنزين والبلاستيك والمنظفات والزيوت والدهون والبروتينات والكربوهيدرات من المنشآت الصناعية؛ مبيدات زراعية؛ المواد الكيميائية العضوية؛ والمعادن العضوية. وتشير التقديرات إلى أن أكثر من 150000 جهة صناعية وتجارية تقوم بتصريف هذه الملوثات في المسطحات المائية.

قد يكون بعضها خطيراً جدّاً على صحة الكائنات الحية ويصنف على أنه نفايات سامة. إن التصريفات الصناعية للمركبات العضوية في المياه السطحية وترشيح المبيدات الحشرية والأسمدة في المياه الجوفية لا تهدد صحة الإنسان فقط عندما يستخدم الناس المياه السطحية والجوفية الملوثة، وإنما أيضاً الحيوانات الأليفة والحياة البرية والحياة المائية بسبب سميتها.

• الفيضانات المجمعة للصرف الصحي والقضايا البيولوجية

يشكل تلوث إمدادات مياه الشرب عن طريق تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة تهديدات خطيرة على الصحة العامة في الولايات المتحدة وأماكن أخرى. نظام الصرف الصحي المشترك (CSO) هو النظام الذي يكون فيه خلط مياه الصرف الصحي والنفايات الصناعية وجريان مياه الأمطار في المناطق الحضرية في النظام الجوي لأنابيب مجاري العواصف.

أثناء العواصف، يجب أن تكون الأنابيب كبيرة بما يكفي للتعامل مع كميات هائلة من الجريان السطحي في وقت قصير نسبيّاً. إذا تجاوزت سعة نظام الصرف الصحي بسبب التدفقات العالية، فستوجه الفائض مباشرة إلى المسطحات المائية القريبة، بما في ذلك أي مياه مجاري خام ومخلفات صناعية موجودة. تشير التقديرات إلى أن 30 % من سكان الولايات المتحدة يخدمون بوساطة المجاري المشتركة.

العديد من المُدن، مثل (شيكاغو) تنفق حالياً بلايين الدولارات لفصل أنظمة الصرف الصحي وتصريف مياه الأمطار. إنهم يفعلون ذلك من خلال توفير خزانات ضخمة تحت الأرض لتخزين مياه العواصف الزائدة بحيث يمكن اعتراضها أثناء العواصف والاحتفاظ بها حتى وقت لاحق عندما يمكن ضخها في محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمعدل لا يعطل وظيفة محطة المعالجة العادية.

تشمل ملوثات المياه البيولوجية الأنواع الغازية والكائنات الدقيقة المسببة للأمراض، مثل: (الفيروسات والبكتيريا والأوليات والديدان الطفيلية). ويعد بلح

البحر المخطط (Dreissena Polymorpha) مثال على قدرة الأنواع الغازية على تغيير هيكل ووظيفة النظام البيئي بشكل كبير.

بلح البحر هذه صغيرة الحجم بحجم أظافر الأصابع موطنها آسيا. وقد جرى نقلها في الأصل إلى منطقة البحيرات العظمى عن طريق مياه الصابورة (خزانات المياه الضخمة الموجودة على القارب لموازنة وزنه في الماء) من سفينة عبر المحيط. ثم بعد ذلك جرى تصريف مياه الصابورة المأخوذة من ميناء للمياه العذبة إلى بحيرة سانت كلير، بالقُرّب من ديترويت، حيث اكتشف بلح البحر لأول مرة في عام 1988.

منذ ذلك الحين، انتشر بلح البحر بسرعة إلى جميع البحيرات العظمى والممرات المائية في العديد من الولايات، بما في ذلك الكثير من حوض تصريف نهر المسيسيبي. لديهم عدد قليل من الحيوانات المفترسة الطبيعية في أمريكا الشمالية، لذلك انفجر سكانهم بشكل كبير. بلح البحر المخطط عبارة عن مغذيات ترشيح، ويمكن لكل فرد ترشيح ما يصل إلى لتر من الماء يوميّاً.

بناءً على الكثافة السكانية في بحيرة إيري، يُقدر أن الحجم الكامل للبحيرة يجري ترشيحه يوميّاً! وقد أدى هذا إلى زيادة وضوح المياه في البحيرة بشكل كبير، وهو أمر لم تحققه سنوات من جهود السيطرة على تلوث المياه. انخفضت الكتلة الحيوية الطحلبية بشكل ملحوظ، مع التأثيرات المحتملة على شبكة الغذاء بكاملها. وقد ثبت أيضاً أن بلح البحر المخطط يقوم بتجميع المركبات السامة ثنائي الفينيل متعدد الكلور PCBs.

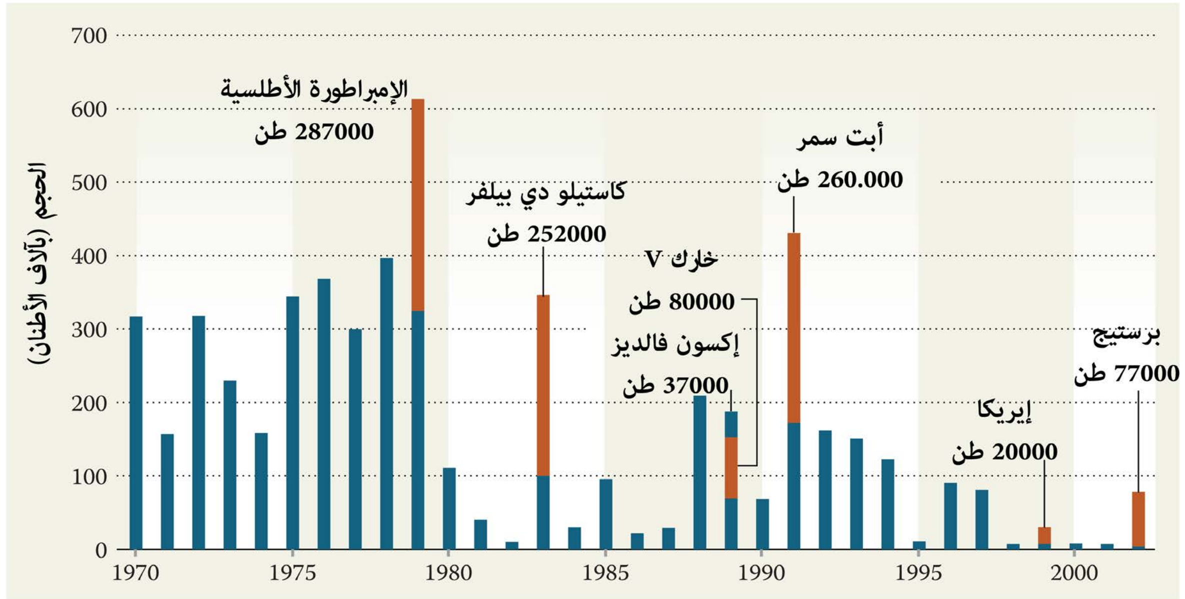
تشكل مسببات الأمراض مصدر قلق دائم في إمدادات مياه الشرب وهي تستخدم كمؤشر للكائنات الحية الدقيقة. إذ يجب ألا تحوي مياه الشرب الآمنة على أكثر من بكتيريا كوليفورم واحدة لكل 100 مل من الماء ولا تحوي مياه السباحة الآمنة على أكثر من 200 بكتيريا كوليفورم لكل 100 مل من الماء. حالياً، تُغلق مياه المحيطات والبحيرات في العديد من الشواطئ العامة بالولايات المتحدة بنسبة تصل إلى 50 % من الوقت بسبب تعداد القولونيات فوق معيار السباحة.

تقدر منظمة الصحة العالمية (WHO) أن أكثر من 5 ملايين شخص يموتون كل عام بسبب الأمراض التي تسببها مياه الشرب غير المأمونة ونقص المياه اللازمة للصرف الصحي والنظافة.

• تسرب النفط في النظم البحرية

تستوعب النظم البيئية البحرية والساحلية أنشطة ومرافق النقل التجاري والخاص مثل الشحن والموانئ وكذلك استخدام الموارد المعدنية والاحتياطيات، مثل: (النفط، والغاز، والذهب، والكوبالت، والفوسفوريت، والرمل، والحصى) التي يجري نقلها عبر المياه السطحية. تمثل مصادر الطاقة البحرية 11.8 و 25 % من إنتاج النفط والغاز الطبيعي في جميع أنحاء العالم و 18.6 و 26 % من إنتاج النفط والغاز الطبيعي في الولايات المتحدة، على التوالي. هذه الأنشطة البشرية هي أيضاً مصادر لانسكاب النفط في النظم البيئية البحرية من خلال تفجيرات حفر النفط وحوادث ناقلات النفط. حدثت مثل هذه الانسكابات في جميع أنحاء العالم بمعدل ثلاثة إلى خمسة في السنة منذ عام 1967.

كان هناك 30 بقعة نفطية أكبر من 100000 برميل في جميع أنحاء العالم. مع أنّ التسرب النفطي لشركة إيكسون فالديز Exxon Valdez الذي بلغ 240500 برميل قد حظي باهتمام كبير، إلا أنه يمثل 18.8 % فقط من إجمالي 1278843 برميلًا مسكوبًا في عام 1989. كان أكبر تسرب نفطي في التاريخ خلال حرب الخليج العربي (1990-1991)، عند تقديره. سُكب 6 ملايين برميل من النفط، أي 23 ضعف الكمية من تسرب إيكسون فالديز النفطي Exxon Valdez.



حجم الانسكابات النفطية المسجلة بين عامي 1970 و2002، مما يبرز الانسكابات الرئيسية. لاحظ أن انسكاب إيكسون فالديز هو الجزء الصغير من الشريط لعام 1989.

يمكن أن يكون للتلوث النفطي آثار ضارة طويلة المدى وقصيرة المدى على الحياة البحرية، اعتماداً على أنواع وحجم المنتجات النفطية المنسكبة، والعوامل المناخية، والعوامل الجغرافية، وهشاشة الكائنات البحرية في منطقة معينة.

يمنع انتشار بقعة زيت ثقيلة غير شفافة (طبقة ناعمة وزلقة على سطح الماء) التمثيل الضوئي للطحالب البحرية تحت الانسكابات النفطية، مما يؤدي إلى تدمير مصادر الغذاء التي تدعم نمو وتكاثر جميع الكائنات الحية التي تعتمد على الحياة البحرية، والطحالب من أهمها.

يمكن أن تتسبب بقع الزيت أيضاً في الموت المباشر أو السلوك غير الطبيعي للحيوانات البحرية والطيور التي تتلامس جسدياً مع الزيت المنسكب. المنتجات النفطية عبارة عن مخاليط معقدة من مواد أساسها الهيدروكربونات في الغالب (تتكون من عنصري الهيدروجين والكربون) وتختلف بشكل كبير في سميتها في السلسلة الغذائية.



طائر مغطى بالنفط من تسرب للنفط حدث في البحر الأسود، يُحكم على الكثير من الكائنات الحية التي تلوثت بالانسكابات النفطية بالموت، فهي غير قادرة على تنظيف نفسها منه.

منتجات النفط الأخف مثل الكيروسين والبنزين لها تأثيرات سامة أكبر، لكنها تتبخر بسرعة أكبر من منتجات النفط الثقيلة. تتبخر منتجات النفط في

الغـلاف الجـوي في نهاية المطـاف وتصيـر علـى شـكل هطـول، وبالتالـي تلـوث الأرض والمسـطحات المائـية عندمـا تـنـزل.

يمكـن أن تغـرق مكونـات النفـط الأثقـل التـي يتركهـا التبخـر في قـاع المسـطحات المائيـة مـن خـلال التجويـة والتشـتت (انهيـار بقعـة إلـى قطـرات بفعـل الموجـة). يزيـد اندماجهـا في الرواسـب مـن وقـت مكوثهـا في البيئـة. يمكـن أن تسـبب مخاليـط قطـرات النفـط والمـاء مسـتحلبات (مـوس الشـوكولاتة) (نـوع مـن الكريمـا) التـي تبقـى في البيئـة لسـنوات.

• حلول مشكلة الموارد المائية

1. إعادة تصميم عمليات التصنيع لاستخدام كميات أقل من المياه.
2. إعادة تدوير المياه في الصناعة.
3. إنشاء ساحات ذات مناظر طبيعية بها نباتات تتطلب القليل من الماء.
4. استخدم الري بالتنقيط.
5. إصلاح تسربات المياه.
6. استخدم عدادات المياه.
7. رفع أسعار المياه.
8. الحفاظ على المياه في المُدن التي تعاني نقصَ المياه.
9. استخدم المراحيض ورؤوس الدش وغسالات الملابس الموفرة للمياه.
10. جمع المياه المنزلية وإعادة استخدامها لري المروج والنباتات غير الصالحة للأكل.

11. تنقية المياه وإعادة استخدامها للمنازل والشقق والمباني المكتبية.

12. منع تلوث المياه الجوفية.

13. تقليل الجريان السطحي غير النقطي.

14. إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للشرب والري.

15. ابحث عن بدائل للملوثات السامة.

16. العمل مع الطبيعة لمعالجة مياه الصرف الصحي.

17. تدرب على العناصر الثلاثة لاستخدام الموارد (تقليل الاستهلاك، وإعادة الاستخدام، وإعادة التدوير).

18. تقليل تلوث الهواء.

19. الحد من الفقر.

20. نمو سكاني بطيء.

مشكلة تلوث الهواء وطبقة الأوزون

لقد بدأ تسجيل الضباب والدخان في الغلاف الجوي والآثار الصحية المصاحبة له، خاصة على تنفس الشخصيات الملكية، في الجزر البريطانية منذ القرن الثالث عشر. أقدم سجل كان للملكة لإليانور، التي قيل إنها في عام 1257 لم تستطع تحمل الدخان وغادرت نوتنغهام.

جاءت التعليمات الواضحة ضد حرق الفحم في عام 1307 من الملك إدوارد الأول في إنجلترا، حيث ستكون هناك (غرامات كبيرة وفديات) في المخالفة الأولى، وستؤدي المخالفة الثانية إلى تدمير أفران الفحم، وستكون العقوبة الثالثة الإعدام.

ولكن حتى مع وجود السلطات الملكية وراء هذه التصريحات، لم يكن هناك الكثير من النجاح. تاريخيّاً، كانت سجلات حلقات تلوث الهواء كثيرة العدد مع خسائر كبيرة في الأرواح.

الملوث Pollutant هو أي نفايات دخيلة تُوضع في الهواء أو الماء أو التربة، التي من المحتمل أن تنتج تأثيراً ضاراً. تقلل الملوثات من جودة الهواء الذي نتنفسه، والعديد من الآثار الصحية خطيرة جدّاً.

وهكذا، في حين أن الدخان في الأمثلة المذكورة سابقاً هو ملوث في حد ذاته، فإنه يحمل أيضاً العديد من الملوثات الأخرى، خاصة المواد الكيميائية، معه. إذا كانت مثل هذه المشكلات موجودة منذ قرون، فلماذا هناك قلق متزايد حالياً؟

تكمن الإجابة ببساطة في المعدل المتسارع الذي أضافت به الأنشطة البشرية هذه المواد إلى الغلاف الجوي، والمصادر المتعددة التي تولدها، والتنوع الناتج في أنواع الملوثات. تشير التقديرات الحالية إلى أن المشكلة مستمرة في جميع أنحاء العالم، وأن تلوث الهواء يؤدي إلى وفاة 53000 شخص في أمريكا وحدها كل عام.

• مصادر ملوثات الهواء

تنشأ الانبعاثات في الغلاف الجوي من عدد من المصادر، بما في ذلك المصادر الطبيعية مثل الانفجارات البركانية. لكن الأنشطة البشرية الآتية قد تجاوزت جميع المصادر الطبيعية مع ما يصاحب ذلك من عواقب وخيمة:

1. توليد الكهرباء.
2. صهر المعادن وتنقيتها.
3. إنتاج واستخدام مواد الخرسانة والزجاج والسيراميك والبلاستيك.
4. تكرير واستخدام البترول والبتروكيماويات.
5. استخدام مركبات النقل.
6. الفضاء وتسخين المياه.
7. تحلل وترميد النفايات الصلبة.
8. إنتاج واستخدام الأسمدة ومبيدات الآفات والمواد الكيميائية الزراعية وزراعة الغابات.

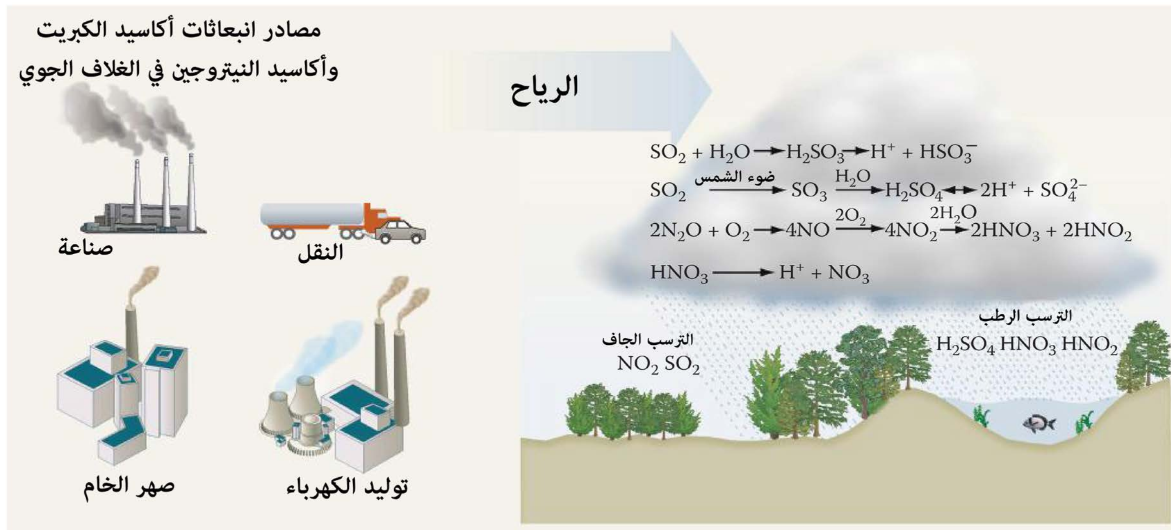


9. التخلص من فضلات البشر والحيوانات الأليفة.

10. حرق الكتلة الحيوية ومخلفات المزارع والغابات.

11. استخدام الأجهزة المتفجرة في السلم والحرب.

من بين المصادر الرئيسية لملوثات الهواء، احتراق الوقود الأحفوري - بشكل أساسي الفحم والنفط والغاز الطبيعي - يتصدر القائمة. من بين المستخدمين، يعد قطاع النقل، مثل: (السيارات والشاحنات) أكبر مساهم في الملوثات. في السبعينيات، مقابل كل 1000 غالون (3785 لتراً) من البنزين المستهلك، كانت انبعاثات السيارات في الغلاف الجوي هائلة: 1434 كغ من أول أكسيد الكربون، 90-180 كغ من الأبخرة العضوية، 9-34 كغ من أكاسيد النيتروجين، 8 كغ من الألدهيدات، 7.5 كغ من مركبات الكبريت، 0.9 كغ من الأحماض العضوية، 0.9 كغ من الأمونيا، و 0.13 كغ من المواد الصلبة، مثل: (الزنك، وأكاسيد المعادن الأخرى).



مصادر الانبعاثات الجوية لأكاسيد النيتروجين (NOx) والكبريت (SOx) للترسب الحمضي الرطب / الجاف.

تسهم انبعاثات المركبات المحلية بنسبة 12 % من انبعاثات الغازات البشرية المنشأ العالمية. أثناء إنشاء الطرق واستخدامها وصيانتها، فإن قطاع النقل، في الوقت الحالي، مسؤول عن نحو 20 و 40 % من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO2) وأكاسيد النيتروجين (NOx)، على التوالي.

في مراكز المُدن، تمثل حركة المرور على الطرق 90-95 % من أول أكسيد الكربون (CO) والرصاص (Pb)، و60-70 % من أكاسيد النيتروجين (NOx) والهيدروكربونات (HC)، وحصة كبيرة من الجسيمات.

لقد أدت العديد من التطورات الرئيسية إلى انخفاضات كبيرة في انبعاثات المركبات في السنوات الثلاثين الماضية، بما في ذلك:

1. تحسين تكنولوجيا محرك الاحتراق الداخلي.
2. تغييرات كبيرة في صقل المنتجات البترولية.
3. تطبيق اللوائح الرئيسية لتلوث الهواء في العديد من البلدان.

تنعكس هذه التغييرات على جودة الهواء في العديد من المُدن. ومع ذلك، نظراً للزيادات الكبيرة في العقود الأخيرة في عدد المركبات - ليس فقط في الولايات المتحدة ولكن أيضاً في جميع أنحاء العالم - تم تعويض هذه المكاسب الرئيسية جزئيّاً ولا يزال قطاع النقل يسهم بأكثر من نحو 55 % من إجمالي الغازات المنبعثة.

المصدر الرئيسي الثاني لملوثات الهواء هو مرافق توليد الطاقة، التي تسهم بأكثر من 20 %. النباتات التي يغذيها الفحم هي ملوثات كبيرة بشكل خاص. مثلاً، تنبعث

من محطة طاقة نهر موسكينغ في ولاية أوهايو 2090305 طن من الكربون سنويّاً، أي ما يقرب من أربعة أضعاف الكربون الذي يُعزل في الكتلة الحيوية الخشبية فوق الأرض في غابات جنوب شرق ولاية أوهايو كل عام. تسهم الصناعات الأخرى بنحو 15 % من إجمالي الانبعاثات، ويأتي الباقي من مصادر عدة، بما في ذلك التخلص من النفايات.

• أنـــــواع ملوثـــات الهـــــواء

يمكن تقسيم انبعاثات ملوثات الهواء من الأنشطة البشرية إلى فئات أولية وثانوية. ملوثات الهواء الأولية هي تلك التي تدخل مباشرة إلى الغلاف الجوي، بينما تتشكل ملوثات الهواء الثانوية عن طريق تفاعلات كيميائية مع مواد أخرى في الغلاف الجوي.

يمكن تصنيف تلوث الهواء إلى خمسة أنواع:

1. **تلوث الهواء بالجسيمات**: الهباء الجوي الأولي والثانوي.
2. **تلوث الهواء الغازي**: الغازات الأولية والثانوية المتضمنة في الضباب الدخاني الكيميائي الضوئي، والترسب الحمضي، واستنفاد طبقة الأوزون، وتغير المناخ العالمي.
3. **الأوزون التروبوسفيري وغيره من المؤكسدات الكيميائية الضوئية**: ملوثات الهواء الثانوية، مثل: (نترات البيروكسي أسيل (PANs) ، وحمض النيتريك (HNO3) ، والفورمالديهايد، والألدهيدات الأخرى).

4. **التلوث الإشعاعي والسام**: أول أكسيد الكربون (CO)، الرادون المشع، (مثل (الرادون)، الألياف، مثل (الأسبستوس)، تتبع المواد العضوية، مثل (متعدد الكلور ثنائي بنزو الديوكسينات والفوران)، ومعادن ثقيلة مختارة، مثل (البريليوم والكادميوم والزئبق).

5. **التلوث الحراري والضوضائي**: جزر الحرارة الحضرية والأصوات العالية أو عالية النبرة.

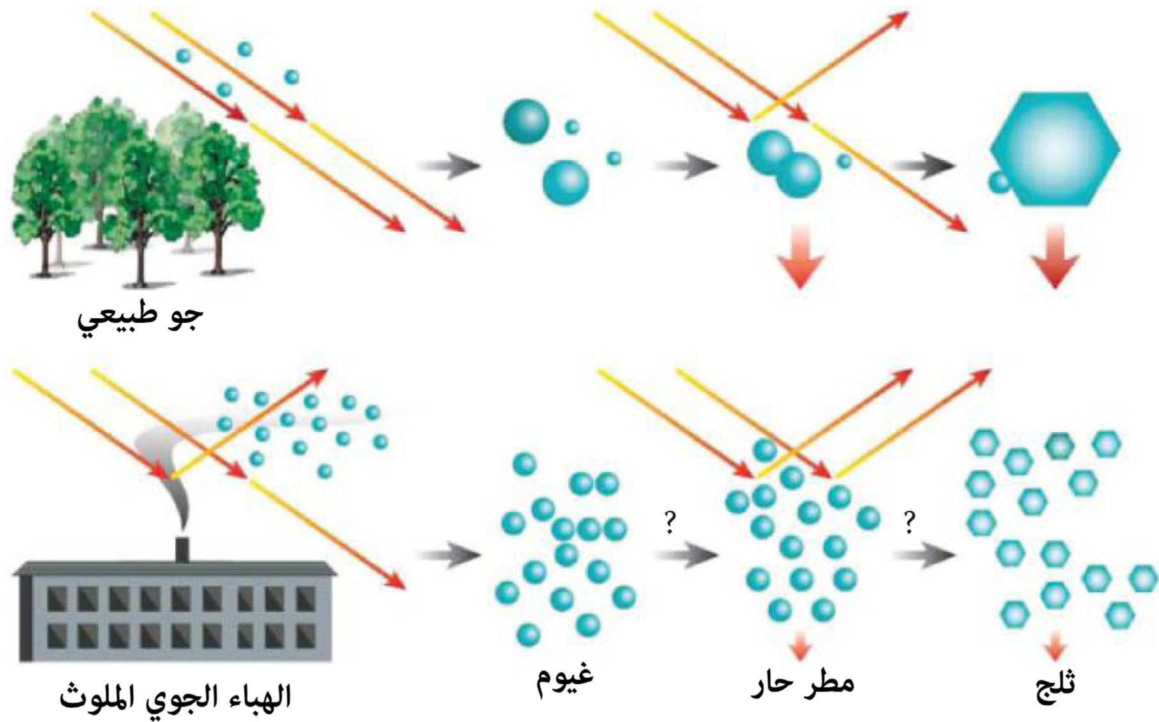
الهباء الجوي (الجسيمات) عبارة عن خليط كيميائي معقد من الجسيمات الصلبة والسائلة المعلقة في الغلاف الجوي، التي يمكن إنتاجها بوساطة آليتين متميزتين:

1. عن طريق الحقن المباشر للجسيمات في الغلاف الجوي (الهباء الجوي الأولي).

2. بوساطة تحويل السلائف الغازية أو (المركب الطليعي Precursor في الكيمياء، هي مركبات كيميائية تشارك في التفاعل الكيميائي لتكوين مركب آخر) إلى جسيمات سائلة أو صلبة (ضباء ثانوي).

وتشمل مصادر الهباء الطبيعية والبشرية المنشأ الغبار، وملح البحر، والثوران البركاني، واحتراق الوقود الأحفوري، وحرق الكتلة الحيوية، والنترات، والكبريتات. للأيروسولات تأثير تبريد في النظام المناخي العالمي بشكل مباشر عن طريق التشتت الخلفي للإشعاع الشمسي الوارد (الطول الموجي القصير) وبشكل غير مباشر من خلال العمل كنواة لتكوين قطرات السحب وتعزيز بياض الغيوم (الانعكاسية).

كما أن للهباء الجوي، مثل: (ملح البحر، وغبار الصحراء) تأثيراً احترارياً طفيفاً نسبيّاً عن طريق حبس الإشعاع الأرضي الخارج (طويل الموجة). يضعف الهباء الجوي الرؤية عن طريق تشتت الضوء ويسبب الضباب. تشير الدلائل المستمدة من بيانات الأقمار الصناعية إلى أن انبعاثات الهباء الجوي من الأنشطة الحضرية والصناعية تمنع هطول الأمطار وتساقط الثلوج بسبب قمع اندماج القطيرات وتساقط الجليد في السحب الملوثة بالهباء الجوي.



تلوث السحب بانبعاثات الهباء الجوي.

تؤثر السحب الملوثة سلباً في الدورة الهيدرولوجية، وبالتالي على الدورات الغازية والرسوبية والإنتاجية البيولوجية للكائنات على المستويات المحلية والإقليمية والعالمية.

لا يشمل ترسب الغلاف الجوي الأحماض (المحولة من الكبريت وأكاسيد النيتروجين) فحسب، بل يشمل أيضاً الفلزات العضوية والمعادن والملوثات العضوية التي، كما سنجد، تسبب تحمض المياه والتربة وموت الأشجار وفقدان التنوع البيولوجي واستقرار النظام البيئي.

جنباً إلى جنبٍ مع الملوثات التي نوقشت سابقاً، يجب علينا أيضاً النظر في دور الأوزون. يمكن أن يحدث الأوزون (O3) في الغلاف الجوي العلوي (الستراتوسفير)، حيث يحمي الحياة على الأرض من أشعة الشمس فوق البنفسجية الضارة (UV-B)، وفي الغلاف الجوي السفلي (الجزء السفلي من الغلاف الجوي أو التروبوسفير) عن طريق تفاعل كيميائي بين أكاسيد النيتروجين (NOx) والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs) في وجود ضوء الشمس.

تعد عوادم السيارات والانبعاثات الصناعية وأبخرة البنزين والمذيبات الكيميائية من المصادر الرئيسية لأكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة، والمعروفة باسم سلائف الأوزون. يجري تسهيل تكوين التركيزات الضارة من الأوزون التروبوسفيري من خلال ضوء الشمس القوي والطقس الحار ويؤدي إلى تدهور جودة الهواء وصحة الإنسان والغطاء النباتي والعديد من المواد الشائعة. كلما زاد تركيزه في منطقة التروبوسفير، زاد تأثيره الضار في العديد من العمليات الفسيولوجية للحيوانات والنباتات والبشر.

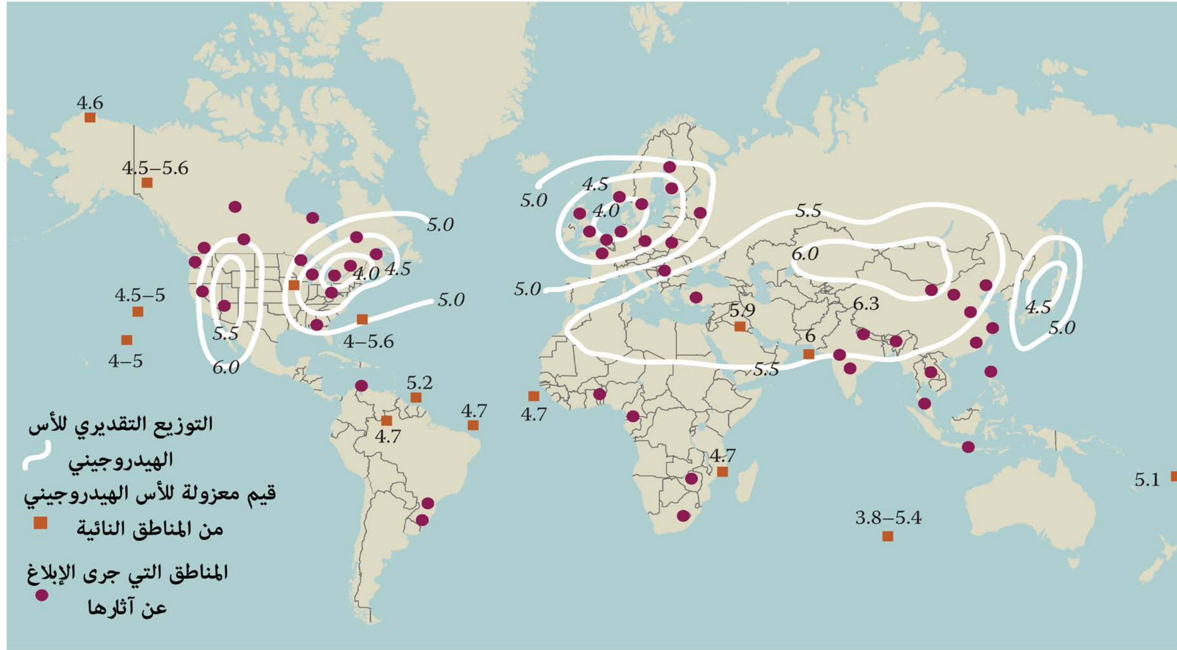
• تحـــــولات ملوثـــــات الهـــــواء

على الصعيد العالمي، تحشد الأنشطة البشرية الحالية نحو 150 تيراغرام من النيتروجين و150 تيراغرام من الكبريت سنوياً. كمثال توضيحي، في عام 1997، عطلت إضافات النيتروجين التي يسببها الإنسان دورة النيتروجين من خلال سماد N (الذي أضاف 80 تيراغرام نتروجين)، واحتراق الوقود الأحفوري (30 تيراغرام نتروجين)، وزراعة البقوليات والأرز (40 تيراغرام نتروجين).

يترسب بين 20 و 80 % من إجمالي انبعاثات النيتروجين البشرية المنشأ في المحيطات والأراضي، على التوالي. يأتي نحو نصف الكبريت الذي يحركه الإنسان من احتراق الوقود الأحفوري وأنشطة التعدين، ويأتي الباقي من الأسمدة الكبريتية وتربية الحيوانات والأراضي الرطبة. وبالتالي، فإن أكسدة انبعاثات أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وأكسيد النيتروجين إلى أحماض النيتريك والكبريتيك تزيد من حموضة الترسيب الطبيعي.

يحوي الترسيب بشكل طبيعي على درجة الحموضة PH حمضية تبلغ 5.6 تقريباً لأنه في حالة توازن مع ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، والذي يشكل H2CO3 (حمض الكربونيك) عند دمجه مع الماء. لذلك، فإن أي أس هيدروجيني أقل من 5.6 يرجع إلى أحماض أخرى. في حالة عدم وجود أنشطة بشرية، فإن التثبيت البيولوجي للنيتروجين والبرق يوجدان النتروجين N تفاعليّاً من N2 في الغلاف الجوي، في حين أن التجوية المعدنية والانفجارات البركانية تخلق تفاعليّاً الكبريت S.





الأنمــــاط العالميـــــة لمتوســـط قيـــم الأس الهيدروجيني للمطـــر.

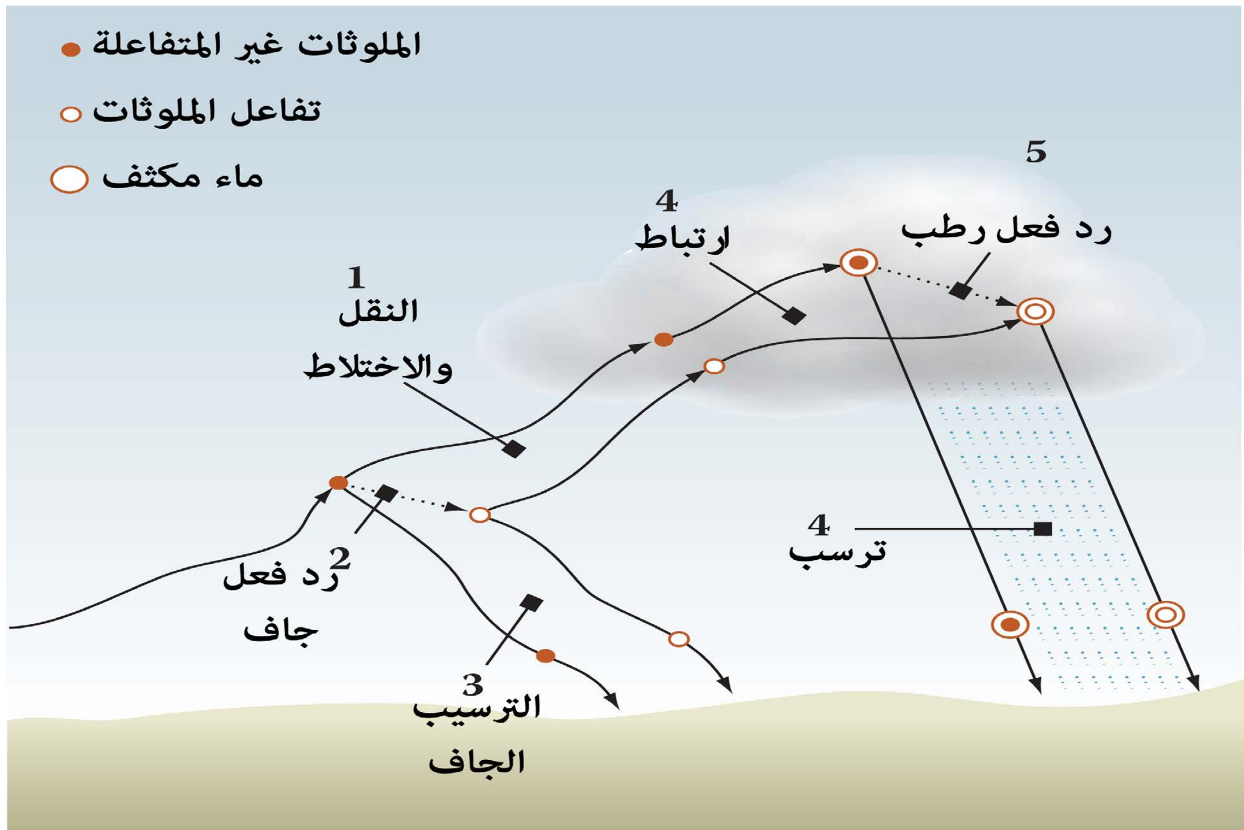
• طرائـــق تشـكل ملوثــــات الهــــواء

عندمـا تتولـد هـذه الملوثـات، فإنهـا ترتفـع إلـى الغـلاف الجـوي ويتـم نقلهـا في الوقـت نفسـه عالميّـاً وكذلـك تتحـول كيميائيّـاً. سـيحدد الارتفـاع الـذي يتـم عنـده تصريـف الملوثـات في الغـلاف الجـوي إلـى أي مـدى سـيُنقل.

أدى ازدياد ارتفاع محطة توليد الكهرباء وغيرها من مداخن الغاز الصناعية إلى تصريف ملوثات الهواء في الغلاف الجوي على ارتفاعات أكبر من الأرض، مما أدى إلى تجنيب الآثار المحلية مع ضمان الانتقال بعيد المدى. بدوره، يعتمد النقل بعيد المدى بشكل كبير على أنماط تدفق الهواء (سرعة الرياح) واتجاهه السائد.




تحدد طبيعة وتركيز الملوث تفاعله الكيميائي مع المكونات الأخرى للغلاف الجوي مثل ارتباطه ببخار الماء في الغلاف الجوي، والسرعة التي تحدث بها هذه التفاعلات، وأنواع المركبات الناتجة.



ممرات الغلاف الجوي التي تؤدي إلى ترسب الحمض.

تعتبر ظروف الأرصاد الجوية، مثل: (الرطوبة النسبية والغطاء السحابي وشدة الإشعاع الشمسي) مُهمَّة جدّاً أيضاً. يُطلق على ارتباط الملوثات بالمياه في الغلاف الجوي (إزالة الترسبات)، وهي عملية مركبة تتضمن أربع خطوات:

أولاً: يجب أن يختلط الملوث والماء في الغلاف الجوي (سحابة أو مطر أو ثلج) داخل المجال الجوي نفسه.

ثانياً: يجب أن يلتصق الملوث بجزيء الماء المكثف.

ثالثًا: قد يتفاعل الملوث فيزيائيّاً و / أو كيميائيّاً داخل الطور المائي.

رابعاً: عناصر المياه المحملة بالملوثات يجب أن تصل إلى سطح الأرض عن طريق الترسيب.

مثلاً، جرى تحديد عدد من المسارات التي يجري من خلالها تكوين أحماض الكبريتيك (H_2SO_4) والنتريك (HNO_3). تختلف معدلات تفاعل أكسدة ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين بشكل كبير في مراحل الغاز والسائل المتجانسة، من قليل إلى 20-30 % في الساعة في الطور الغازي إلى 100 % في الماء.

تشمل الأنواع المرتبطة بتكوين الحمض القاعدي Cl ، NH_3 ، HNO_3 ، SO_3 ، SO_2، والأيونات المعدنية. أكسيد النيتروز (N_2O) خامل نسبيّاً في طبقة التروبوسفير، لذلك لا يترسب بسهولة على الأرض من الغلاف الجوي، ولكن العكس هو الصحيح بالنسبة لأكاسيد النيتروجين (NO وNO_2). إن العمر القصير لأكاسيد النيتروجين في الغلاف الجوي وعدم وجود دليل على أنه يتراكم في الغلاف الجوي يفرضان التوازن بين مصادر وأحواض أكاسيد النيتروجين السطحية.

مع أنّ أكسيد النيتروجين المنبعث من التربة لا يترسب بسهولة في هطول الأمطار، فإن أول منتج من الأكسدة الكيميائية الضوئية في طبقة التروبوسفير NO_2، يمتص بقوة من قِبل كل من التربة والنباتات. بعد مزيد من الأكسدة، يترسب HNO_3 الناتج بكفاءة عالية على جميع الأسطح تقريباً.

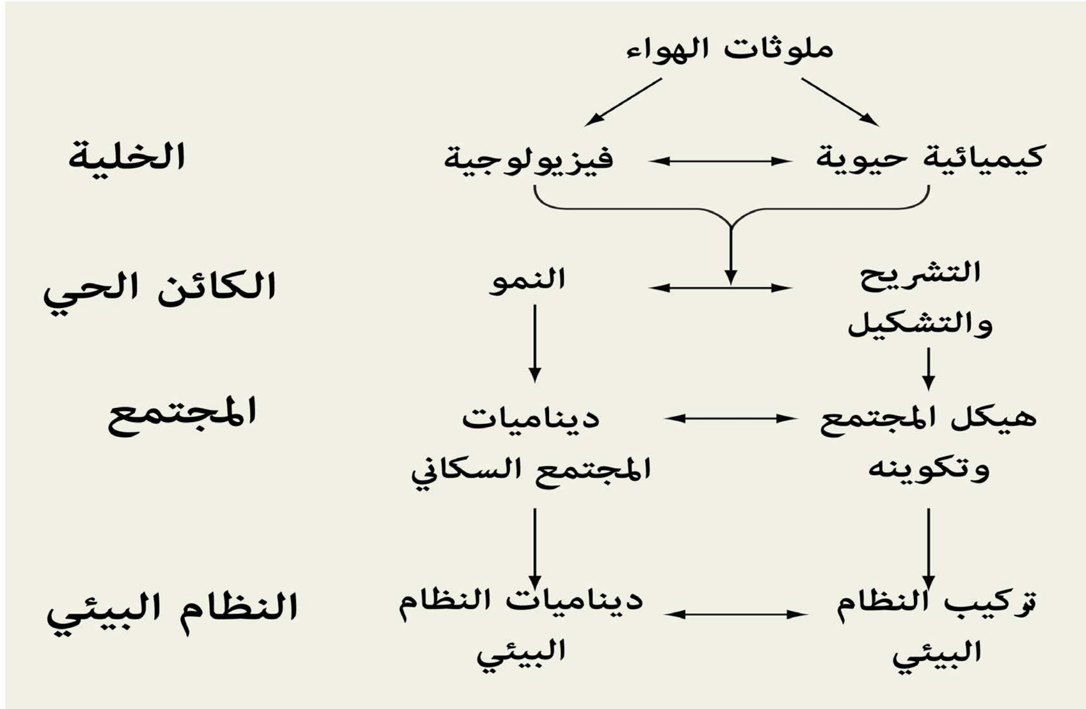


• معاييـــــر جـــودة الهـــواء

وضعت وكالة حماية البيئة الأمريكية معايير جودة الهواء الوطنية لستة ملوثات رئيسية هي: أول أكسيد الكربون (CO)، والرصاص (Pb)، والجسيمات (PM)، وثاني أكسيد النيتروجين (NO2)، وثاني أكسيد الكبريت (SO2) والأوزون (O3). أظهر أحدث مخزون من المواد السامة لوكالة حماية البيئة (1998) أن الشركات الأمريكية أبلغت عن إطلاق 544.3 ألف طن من المواد الكيميائية في الهواء والماء، منها 514.2 ألف طن أُطلقت مباشرة في الهواء. من هذه المواد الكيميائية، 53 % معروفة أو مشتبه بها سموم عصبية أو نمائية. ويشير التقرير كذلك إلى أنه نظراً لأن الشركات الكيماوية أبلغت عن 5 % فقط من إجمالي الإطلاقات الكيميائية، فإن إجمالي الإطلاق المقدر قد يصل إلى 10.8 مليون طن.

تؤثر معايير ملوثات الهواء في علم وظائف الأعضاء والكيمياء الحيوية للخلايا ونموها وتشريحها وتشكلها، وبالتالي على هيكل ووظيفة وديناميكيات المجتمعات والنظم البيئية. مثلاً: الأوزون الموجود في طبقة التروبوسفير، لا سِيَّما في منطقة التلامس بين الأرض والجو، لا ينبعث مباشرة في الهواء، بل يتشكل كمؤكسد كيميائي ضوئي قوي عن طريق تفاعل المركبات العضوية المتطايرة وأكاسيد النيتروجين في وجود الحرارة وأشعة الشمس.





تأثيرات ملوثات الهواء على المستويات البيئية المختلفة.

كلما زاد تركيزه في هذه المنطقة، زاد تأثيره في العديد من العمليات الفسيولوجية للحيوانات والنباتات والبشر. جرى ربط التعرض قصير المدى (1-3 ساعات) والمطول (6-8 ساعات) للأوزون المحيط بعدد من الآثار الصحية المثيرة للقلق، مثل: (عدوى الجهاز التنفسي، والتهاب الرئة، والربو، وألم الصدر، والسعال).

أظهر مستوى الأوزون المرتفع بشكل تجريبي أنه يقلل من التمثيل الضوئي، ونضج المحاصيل، وإنتاج المادة الجافة والغلة وزيادة قابلية النبات للإصابة بالأمراض والآفات والضغوط البيئية الأخرى. أظهرت الأنواع النباتية الحسَّاسة للأوزون تأثيرات أكبر: انخفاض ناقلية الأوراق، ومساحة الأوراق، وكفاءة استخدام المياه.

معايير الملوثات المتبقية لها تأثيرات متنوعة على البشر. يدخل أول أكسيد الكربون إلى مجرى الدم من خلال الرئتين ويقلل من توصيل الأكسجين إلى أعضاء وأنسجة الجسم، ويمكن أن يكون ساماً عند التعرض لمستويات أعلى.

ضعف البصر، وانخفاض القدرة على العمل، وانخفاض البراعة اليدوية، وضعف القدرة على التعلم، وصعوبة أداء المهام المعقدة كلها مرتبطة بالتعرض لمستويات مرتفعة من ثاني أكسيد الكربون. يحدث التعرض للرصاص بشكل رئيسي من خلال استنشاق الهواء وابتلاع الرصاص في الطعام أو الماء أو التربة أو الغبار. يتراكم في الدم والعظام والأنسجة الرخوة، مما يؤثر سلباً في الكلى والكبد والجهاز العصبي والأعضاء الأخرى. يمكن أيضاً أن يترسب الرصاص على أوراق النباتات، مما يشكل خطراً على حيوانات الرعي.

قد يؤدي التعرض لثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت إلى زيادة أمراض الجهاز التنفسي والتغيرات في دفاعات الرئتين وقابلية الإصابة بعدوى الجهاز التنفسي. يمكن أن يؤدي التحول الجوي لأكاسيد النيتروجين إلى تكوين الأوزون والجسيمات الحاملة للنيتروجين، مما يؤدي إلى تفاقم الآثار الصحية الضارة. تشتمل المواد الجسيمية المستنشقة على كل من الجسيمات الدقيقة والخشنة؛ يرتبط التعرض للجسيمات الخشنة بشكل أساسي بتفاقم أمراض الجهاز التنفسي مثل الربو.

يرتبط التعرض للجسيمات الدقيقة ارتباطاً وثيقاً بزيادة حالات الدخول إلى المستشفى وزيارات غرفة الطوارئ لأمراض القلب والرئة، وزيادة أعراض وأمراض الجهاز التنفسي، وانخفاض وظائف الرئة، وحتى الموت المبكر. بالإضافة إلى المشكلات الصحية، فإن الجسيمات الدقيقة هي السبب الرئيسي لانخفاض الرؤية في المناطق الحضرية ويمكن أن تتسبب أيضًا في تلف الدهانات ومواد البناء.



• طبيعـــة الترســـيب الجـــوي

لقد ثبت بشكل قاطع أن بعض الملوثات التي نوقشت سابقاً تزيد من حموضة المطر (أي تقلل من قيمة الرقم الهيدروجيني). مع أنّ أهمية ترسب الحمض لم تتحقق إلا في الأربعين سنة الماضية أو نحو ذلك، فإن التعرف على مثل هذه المشكلات أقدم بكثير. فقد أُبلغ عن المعرفة العلمية للتحمض منذ منتصف القرن الثامن عشر وعلى وجه التحديد منذ عام 1845.

جرى التعرف على أن هذه الملوثات قد تختلط بالمطر، وتغير تركيبته الكيميائية، وتصل إلى الأرض في عام 1852 من قِبل الكيميائي الإنجليزي روبرت أنجوس سميث، الذي كان أول من استخدم مصطلح (المطر الحمضي Acid Rain).

عندما كان يُعتقد أن ملوثات الغلاف الجوي تصل إلى الأرض فقط عندما تختلط بالماء، كان المصطلح المستخدم على نطاق واسع هو المطر الحمضي. ومع ذلك، فإن الثلج والبرد يعملان أيضاً كناقلات للملوثات إلى الأرض؛ لذا فإن المصطلح الأفضل هو الترسيب الحمضي.

علاوة على ذلك، أظهرت الأبحاث أن الملوثات تستقر أيضاً في أشكال جافة على أسطح المباني والحيوانات والنباتات. قد يتراوح جزء الترسيب الجاف من 20 إلى 60 % من إجمالي الترسيب في الغلاف الجوي.

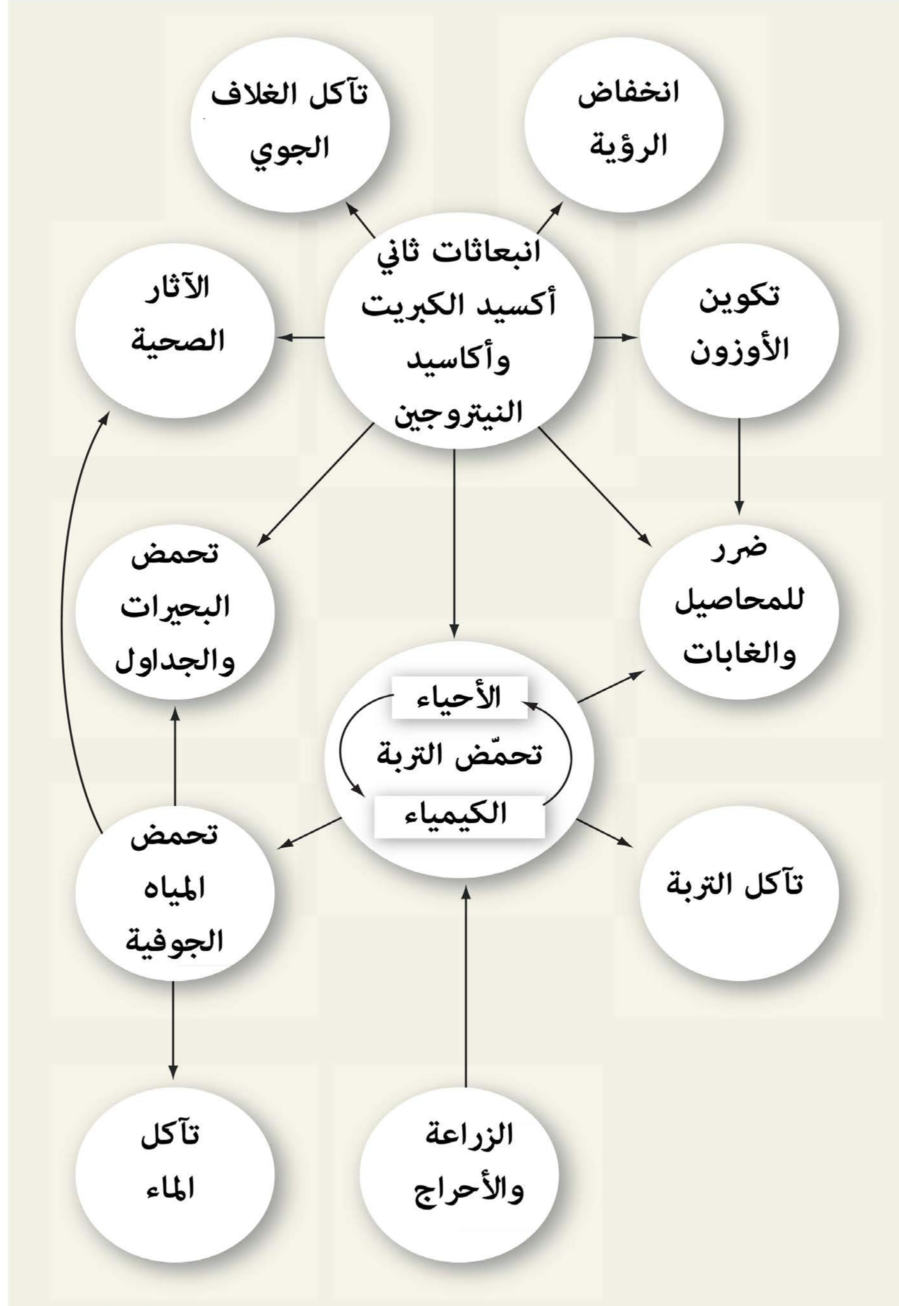
وهكذا، أدخل المصطلح المفضل الحالي، ترسب الغلاف الجوي، ليعكس مزيج الترسب الرطب (المطر والثلج وقطرات الضباب - السقوط الرطب) والترسب الجاف (الغبار والهباء الجوي والغازات - السقوط الجاف). تتفاعل الانبعاثات الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري ومحطات المرافق الكهربائية ونقل أكاسيد

النيتروجين والكبريت في الغلاف الجوي مع الماء والأكسجين والمواد المؤكسدة لتكوين مركبات حمضية (ثانوية) تزيد من حمضية الترسيب.

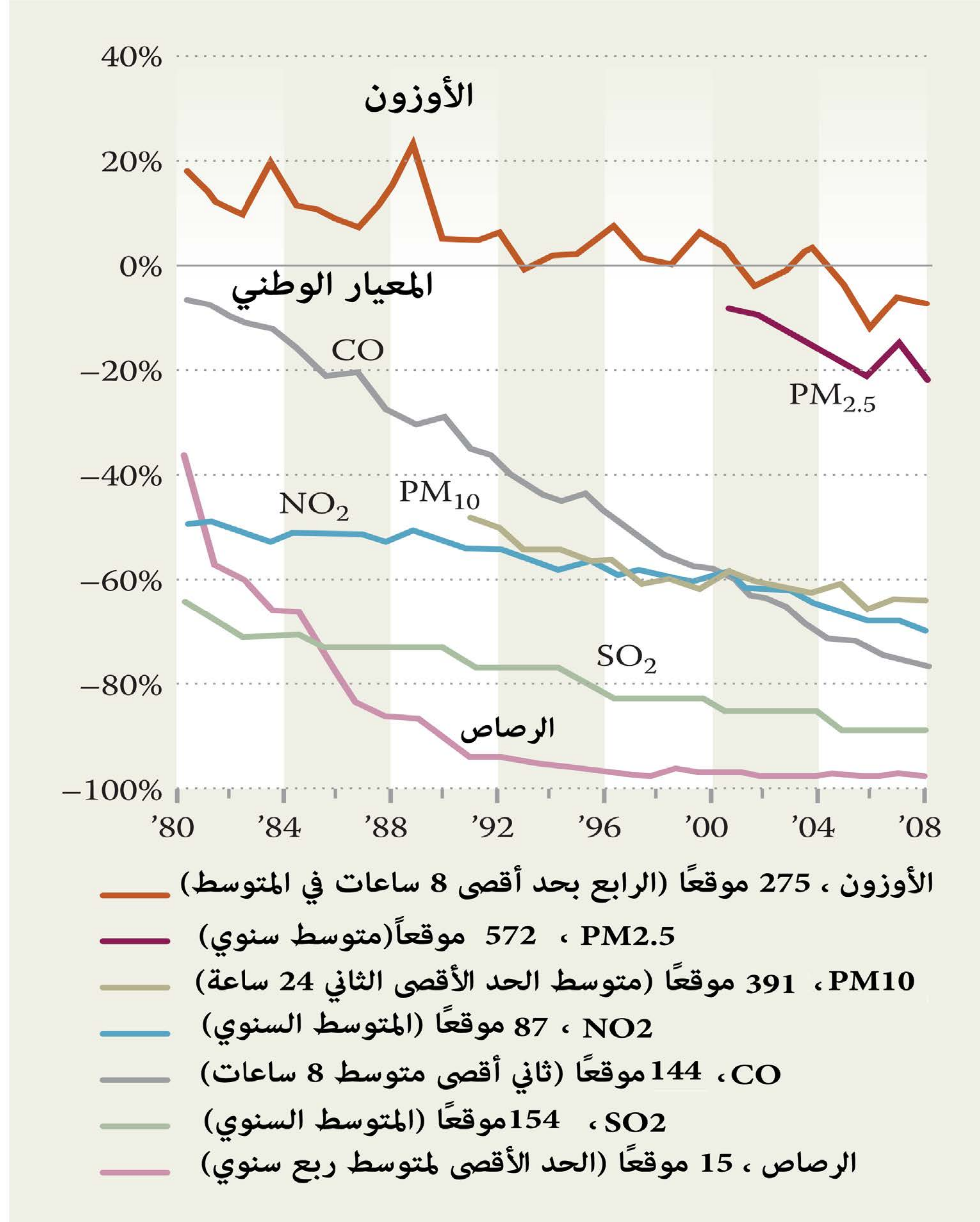
يؤثر ترسب الغلاف الجوي في الكائنات الحية والأجسام التي من صنع الإنسان بطرق متعددة. لتقييم آثار الترسب الحمضي ونوعية الهواء على الصحة العامة وصحة النظام البيئي، يجب إجراء قوائم جرد لانبعاثات التغييرات بمرور الوقت والمكان في التركيب الكيميائي للهطول والهواء.

جرى إنشاء البرنامج الوطني لترسب الغلاف الجوي / شبكة الاتجاهات الوطنية (NADP / NTN) (1977) وشبكة حالة واتجاهات الهواء النظيف (CASTNET) (1987) في الولايات المتحدة لمراقبة الترسبات الجوية الرطبة والجافة. تظهر مقارنة انبعاثات ستة ملوثات رئيسية انخفاضًا ملحوظاً وكبيراً في مستوياتها من 1980 إلى 2006. توضح مسارات النيتروجين في الغلاف الجوي الخطوات العديدة المتضمنة من المصدر إلى التأثيرات.





التأثيرات المباشرة وغير المباشرة لانبعاثات أكاسيد الكبريت والنيتروجين.



مقارنة المستويات الوطنية للملوثات الستة الرئيسية بمعايير جودة الهواء المحيط الوطنية، 1980–2006. المستويات الوطنية هي متوسطات عبر جميع المواقع مع بيانات كاملة عن الفترة الزمنية (تبدأ بيانات جودة الهواء للجسيمات PM10 و PM2.5 في عامي 1990 و1999، على التوالي).

مليون طن

انبعاثات 1980

انبعاثات 2006

NO_x −33%

VOC −52%

SO_2 −47%

PM_{10} −26%

$PM_{2.5}$ −31%

CO −50%

رصاص −97%


مقارنة انبعاثات الولايات المتحدة عام 1980 مقابل 2006. تقديرات PM2.5 لعام 1990 و2006؛ تقديرات PM10 لعام 1985 و2006.

الكيمياء الضوئية

التحولات الكيميائية

الرياح السائدة

العمليات السحابية

تشتت

البرق

خلط عمودي

الترسيب الجاف

الزراعة

الحريق

الصناعة

الترسيب الرطب

الرؤية

النقل

محطات

الصرف الصحي

إنتاجية الغابات

جريان المياه

مصبات الأنهار

المواد الثقافية

مياه شرب

التربة

التربة

المياه الجوفية

النظام البيئي المائي

المنتجات الزراعية

مصادر

النقل / التحول

إزالة

آثار


مسارات النيتروجين في الغلاف الجوي.

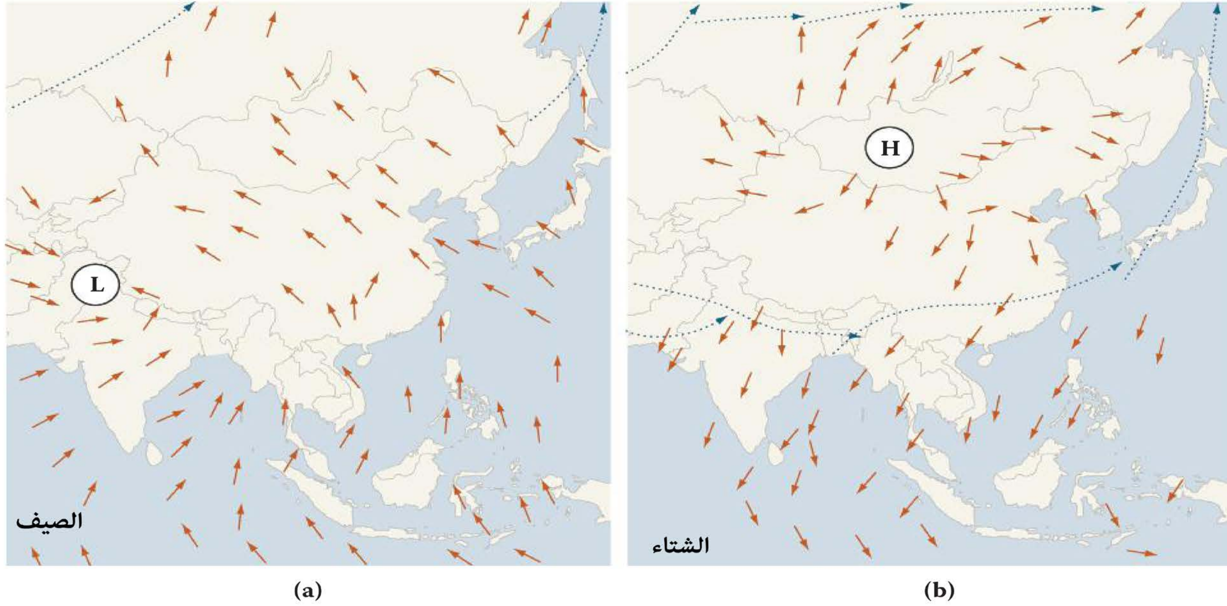
• العوامـــل المؤثـــــرة في الترسيب في الغـــــلاف الجــــوي

هناك عوامل عدة تؤثر في الترسيب في الغلاف الجوي؛ يمكن تصنيفها إلى عوامل جوية وغير جوية. تنتمي المجموعة الأولى إلى عوامل مثل سرعة الرياح وكمية ضوء الشمس، ومعدل الزوال (أي تغير درجة الحرارة مع الارتفاع)، وعمق الخلط، وهطول الأمطار.

يحدد الارتفاع الذي يجري عنده تصريف الانبعاثات في الغلاف الجوي واتجاه الرياح السائد وسرعتها إلى أي مدى سيتم نقل الملوثات. مثلاً، في الأجزاء الشرقية من الولايات المتحدة وكندا، تعمل التأثيرات المجمعة لتيار الهواء من القطب الشمالي الكندي، والغرب من المحيط الهادئ، وهواء الهواء المداري من خليج المكسيك على تحريك الانبعاثات من الغرب الأوسط من الولايات المتحدة إلى الشمال الشرقي للولايات المتحدة وإلى الأجزاء الجنوبية من أونتاريو وكيبيك، كندا.

توفر أنماط الرياح في آسيا، مع اثنين من أكثر البلدان اكتظاظاً بالسكان في العالم - الصين والهند - حيث تضمن تطوراتهما الاقتصادية زيادات كبيرة في الانبعاثات، مثالاً آخر على حركة الملوثات. تضمن أنماط الرياح الصيفية التي تشمل سحب الرياح الموسمية تدفق الانبعاثات من الهند إلى الصين وحركة في الاتجاه المعاكس في الشتاء.





(a) أنماط تدفق الرياح في الصيف أثناء الرياح الموسمية في آسيا؛ (b) أنماط تدفق الرياح الشتوية في آسيا.

تشمل العوامل في المجموعة الثانية غير المتعلقة بالأرصاد الجوية أنواع وكمية الملوثات والسمات الفيزيائية للأجسام المائية وتضاريس الأرض والغطاء النباتي وقابلية الكائنات الحية، أي النباتات والحيوانات والبشر.

اعتماداً على منطقة العالم، سيختلف كل عامل من هذه العوامل في غلبة تأثير الملوثات. من الأهمية بمكان قدرة المياه في البحيرات والجداول والتربة على تحييد آثار الحموضة.

وعندما توجد الكربونات والبيكربونات في التربة أو البحيرات بسبب الصخور الجيرية البحرية الكامنة (كما في وسط الولايات المتحدة)، يجري تحييد الحموضة الواردة، وبالتالي يكون تأثير الترسب الجوي منخفضاً.

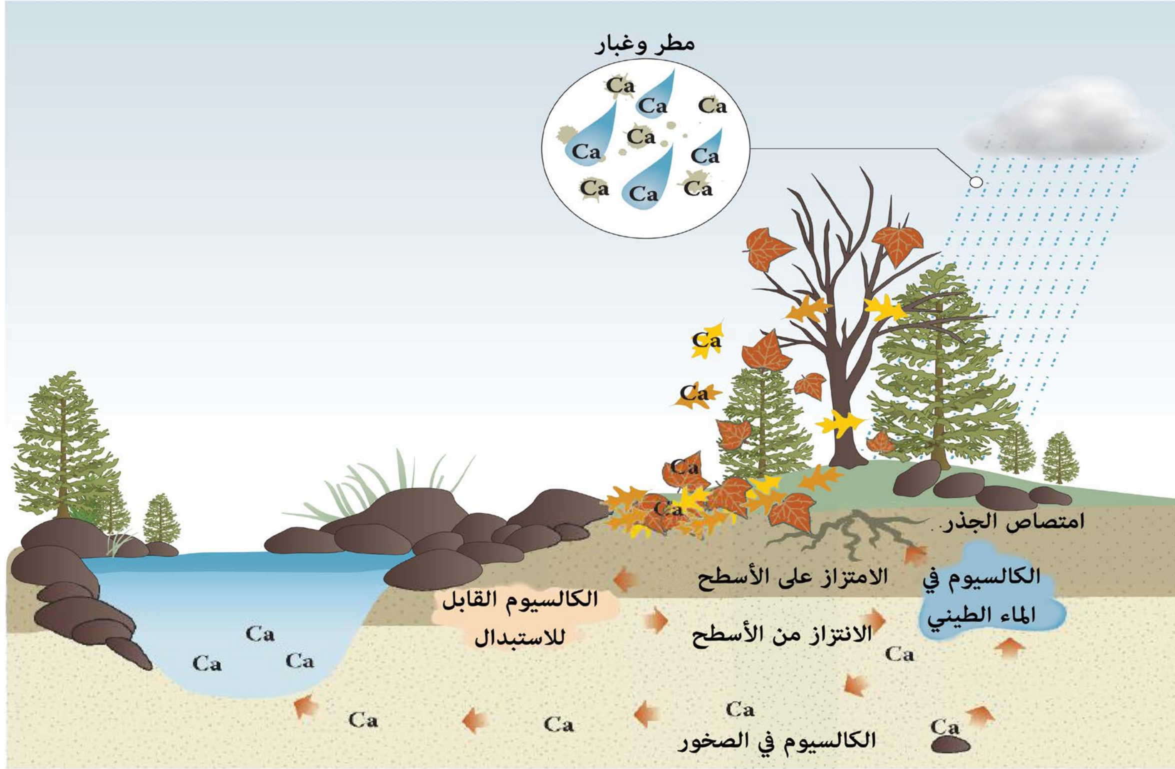
ولكن في مناطق أخرى تكون قدرة التخزين الجيوكيميائي لتحييد الحموضة منخفضة، مثلاً: (بعض المناطق في أمريكا الشمالية ذات ركائز صخرية بركانية [غرب] أو صخرية [كندا] وكذلك الصخور المتحولة القديمة في أبالاتشي الولايات المتحدة، والدول الاسكندنافية)، وتأثيرات الترسب الجوي أكثر وضوحاً.

ليس من المستغرب، بسبب تحمض البحيرات على نطاق واسع في كندا، أن مشكلة الترسب الحمضي في الغلاف الجوي كانت، لسنوات عديدة، قضية سياسية رئيسية بين الولايات المتحدة وكندا. تركز معظم الأخبار الحديثة أيضاً على العلاقات بين الولايات المتحدة بين دول الغرب الأوسط والولايات الشرقية. من الواضح أن التقييم الصحيح للتأثيرات يتطلب أن تقترن السمات المناخية بالقدرة الجيوكيميائية للمواد المحمضة.

• تحمض الماء والتربة

عند مناقشة التغييرات التي تحدث أثناء العديد من عمليات تكوين التربة، وجدنا سابقاً أنه عندما يحدث ارتشاح للأملاح القابلة للذوبان في طبقات سطح التربة، تصير التربة أكثر حمضية بشكل تدريجي.





تظهر دورة الكالسيوم في النظم الإيكولوجية للغابات ارتشاح الكالسيوم وزيادة تحمض التربة.

عملية التحميض هذه بطيئة ودقيقة. في النظم الطبيعية غير المضطربة، يمر هطول الأمطار عبر التربة، وتصل المواد المرتشحة الحمضية الناتجة إلى الجداول والبحيرات، مما يؤدي إلى زيادة حموضة المياه.

ومع ذلك، فإن التحمض الناتج يكون بطيئاً وخفيفاً جدّاً. من ناحية أخرى، فإن الأنشطة البشرية الكبيرة وغير المسبوقة تخلق انبعاثات لأحمال عالية من الغازات المكونة للأحماض في الغلاف الجوي. وبالتالي، فإن عملية التحميض التي تؤثر في الوقت نفسه على جميع أشكال هطول الأمطار والبحيرات والجداول والأنهار والتربة والمياه الجوفية تكون أسرع بكثير.

ينتج هذا التحمض مباشرة من أكاسيد الكبريت (بشكل رئيسي SO_2 و SO_4^{-2}، يشار إليها مجتمعة باسم SOx)، والنيتروجين (بشكل رئيسي أكاسيد النيتروجين، NO3 ، NH4 ، NH3، يشار إليها مجتمعة باسم أكاسيد النيتروجين)، والمواد الحمضية والقلوية الأخرى، والمنتجات الناتجة عن هذه الغازات. وقد أدى التحمض الذي يسببه الإنسان إلى خفض الرقم الهيدروجيني للمطر إلى 4.

• تحمض البحيرات والجداول

تركزت المخاوف الجادة بشأن ترسب الأحماض خلال الثلاثين عاماً الماضية أولاً على آثاره في البحيرات. في الواقع، جرى توضيح التأثيرات في أنظمة المياه العذبة المائية من خلال القياس الكمي لعدد من المعالم.

الطبيعة الفيزيائية والكيميائية للوسط المائي هي التي تضمن الانتشار السريع وخلط المواد الدخيلة التي تصل إلى المسطحات المائية. في المقابل، في التربة، كوسائط صلبة، يكون انتشار وخلط الملوثات عملية أبطأ بكثير، وكذلك التفاعلات الكيميائية، مثلاً: (التبادل الكاتيوني بين أيونات الهيدروجين، وكالسيوم التربة) التي قد تحدث في التربة بين المواد العضوية والطين المجمعات والملوثات.

تعد المنطقة والبحيرات الاسكندنافية في كندا من أكثر المناطق تحمضاً في العالم. في السويد وحدها، جرى تحميض 20000 بحيرة من أصل 90000 بحيرة و 4000 منها كانت خالية تماماً من الحياة السمكية.

في النرويج، جرى تصنيف 80 % من البحيرات والجداول في النصف الجنوبي من البلاد على أنها (ميتة) تقنياً أو جرى وضعها على القائمة الحسَّاسة. تُركت أكثر من 13000 كيلومتراً مربعاً من بحيرات النرويج دون أي حياة سمكية.

في كندا، بدأ العلماء في إجراء تجارب في تحمض البحيرات الكاملة وإثرائها بالمغذيات في منطقة البحيرة التجريبية، كينورا، أونتاريو، في أواخر الستينيات. كان العمل مُهمّاً وكانت أنظمة البحيرات تمثل أيضاً مواقع مثالية للتجارب طويلة المدى. في إحدى البحيرات التجريبية (البحيرة 223)، انخفض الأس الهيدروجيني بشكل مصطنع من > 6.5 إلى 5.1 بين عامي 1976 و1980، واستقر عند 5.0-5.1 بين عامي 1981 و1983، ثم ارتفع إلى 5.8 بحلول عام 1988.

في بحيرة تجريبية أخرى، انخفض الرقم الهيدروجيني من 6.5 إلى 4.6 من 1981 إلى 1988. تلقت البحيرات التجريبية المغذيات إضافات من الفوسفور والنيتروجين. أدى كل من فرط المغذيات والتحميض إلى تقليل تنوع أنواع البحيرات. أظهرت هذه الدراسات وغيرها أن كل انخفاض متتالٍ في الأس الهيدروجيني له تأثيرات في الأنواع الفردية.

تتحكم العديد من العوامل الرئيسية في مدى سرعة حدوث تأثيرات الملوثات الجوية:

- كمية وطبيعة الملوثات التي يتلقاها الماء؛ من بين الغازات، ثبت أن لثاني أكسيد الكبريت أكبر تأثير في التحمض.

- طبيعة مستجمعات المياه، مثل: (نوع الغطاء النباتي الأرضي، ودرجة الغطاء النباتي) التي يمر من خلالها هطول الأمطار قبل الوصول إلى المياه السطحية؛ ستحدد طبيعة الغطاء النباتي أيضاً المعدل الذي ستصل به مياه الأمطار إلى الأرض.

- ستحدد طبيعة التربة معدل تسرب المياه وتسرّبها ومعدل تصريفها في البحيرات والجداول؛ وبالتالي فإن الطبيعة الكيميائية للتربة مُهمَّة؛ لأنه مع التركيب الكيميائي المناسب، يمكن معادلة بعض الحموضة.



- طول الفترة الزمنية التي يبقى فيها الماء في نظام التربة والتفاعل الجيوكيميائي للتربة والمواد الأم والصخور الأساسية.

يقلل التحمض بشكل أساسي من تنوع الحياة التي تعيش في البحيرة ويغير التوازن بين السكان الباقين على قيد الحياة.

لقد ثبت أن النظم البيئية المائية المرتبطة بالتربة التي تتمتع بقدرة عالية على امتصاص الكبريتات سوف تتحمض بشكل أبطأ بكثير من تلك التي لديها قدرة منخفضة على امتصاص الكبريتات. ولكن بمجرد حدوث تحمّض للنظم البيئية المائية، فإن التغيرات البيولوجية تكون سريعة وواسعة النطاق.

• تحمض الغابات

بدأ القلق الشديد بشأن تأثير الترسب الجوي في عام 1970 مع موت أشجار التنوب في أوروبا، وتبع ذلك انخفاض كبير في العديد من أنواع الأشجار الأخرى. عندما أظهرت أكثر من 5 ملايين هكتار من الغابات (38000 كيلومتر مربع) في ألمانيا، تمثل 52 % من غابات البلاد انخفاضاً واضحاً في جميع أنحاء أوروبا - أطلق عليه الألمان اسم (Waldsterben) أو (موت الغابات) - جرى إيلاء قدر كبير من الاهتمام للعثور على أسباب هذا الانخفاض الكبير.

في وقت لاحق، في عام 1987، جرى الإبلاغ أيضاً عن أضرار جسيمة في الصنوبريات في الجزر البريطانية. بشكل عام، كانت الصنوبريات وليس الأنواع عريضة الأوراق، والأشجار الأكبر سنّاً عوضاً عن الأشجار الأصغر سنّاً،

والأشـجار علـى ارتفاعـات عاليـة هـي التـي أظهـرت أكبـر انخفـاض. كمـا أبلـغ عـن انخفاضـات مماثلـة في نمـو التنـوب الأحمـر في وقـت لاحـق مـن جبـال آديرونـداك في نيويـورك.

منذ ذلك الحين، جرى طرح العديد من الفرضيات لشرح الآليات المحتملة، التي يحدث بها مثل هذا الضرر لنمو الأشجار. لم يكن عملية بسيطة، لأن تدهور الأشجار هو نتيجة للتأثيرات التراكمية والتآزرية لمجموعة من العوامل.

وتشمل هذه دوامة من العوامل المؤهبة، والعوامل المحرضة، والعوامل المساهمة، وكلها تؤدي إلى موت الشجرة. يعتقد الباحثون أن دوامة التدهور هذه لا تنطبق فقط على أشجار الغابات ولكن أيضاً على الكائنات الحية والنظم البيئية الأخرى بشكل عام.

من المحتمل أن تحدد عوامل عدة رئيسية تأثيرات الترسب الجوي على الغابات:

1. الطبيعة الكيميائية وتحميل العناصر.
2. خصائص التبادل الأيوني للتربة.
3. أوقات الإقامة والمسارات الهيدرولوجية للمياه عبر مستجمعات المياه وطبيعة ومدى الغطاء النباتي الموجود.
4. النشاط الجيوكيميائي لصخور الأساس والتربة.

ليس من المتوقع أن تستجيب جميع النظم البيئية للغابات للترسب الحمضي بنفس الطريقة. من المحتمل أن تكون التأثيرات خاصة بالموقع، وتعتمد على المساهمات النسبية لمصادر الحموضة الخارجية والداخلية.

المساهمة	تحريض	الاستعداد
العوامل طويلة المدى:	العوامل قصيرة المدى:	العوامل طويلة المدى:
- خنافس اللحاء	- تساقط أوراق الحشرات	- مناخ
- فطريات كانكر	- صقيع	- رطوبة التربة
- الفيروسات	- جفاف	- النمط الجيني للمضيف
- فطريات تسوس الجذور	- ملح	- مغذيات التربة
	- ملوثات الهواء	- مغذيات الهواء
	- إصابة ميكانيكية	

التأثير التراكمي والتآزري لعوامل متعددة على تدهور الأشجار.

يعتبر تقييم تأثيرات الترسيب الحمضي على النظم البيئية للغابات أكثر صعوبة مما هو عليه بالنسبة للبحيرات، حيث تكون الحدود محددة بشكل أو بآخر، ويكون الرقم الهيدروجيني الصحي بين 6 و7، وانتشار الحموضة سريع نسبيّاً في الوسط السائل. تتسبب التركيبات المعقدة للأنواع في النظم البيئية للغابات في أن تكون طبقية بل وحتى غير مكتملة؛ يعتبر انخفاض درجة الحموضة في التربة من سمات العديد من النظم البيئية للغابات، كما أن تكيف الكائنات الحية مع مثل هذه الظروف موجود بالفعل. وبالتالي، فإن تقييم تأثيرات تلوث الغلاف الجوي ينطوي على دراسات طويلة الأجل. ومع ذلك، فقد جرى بالفعل التوصل إلى بعض الاستنتاجات.

تؤدي زيادة الحموضة إلى إتلاف الأشجار بشكل مباشر وغير مباشر. يؤدي تحمض التربة ذات القدرة المنخفضة على التخزين المؤقت إلى خفض درجة الحموضة PH وجميع التأثيرات المصاحبة لها بسرعة أكبر. إن انخفاض درجة الحموضة يحرك الألومنيوم.

التوافر السائد للأيونات عند درجة حموضة منخفضة له تأثيرات مباشرة في توافر العناصر الغذائية الأساسية وامتصاصها، وبخاصة الفوسفور والكالسيوم، من قِبل النباتات. في معظم النباتات، تصير الجذور قصيرة وغير قادرة على نقل الفوسفور والعناصر الأخرى إلى الأجزاء الموجودة فوق سطح الأرض. إن انخفاض درجة الحموضة وتركيز الألومنيوم المرتفع قد تورطا تجريبيّاً في تصدير الكالسيوم من تربة الغابات.

مركبات النيتروجين الزائدة لها تأثير معاكس؛ أي أنها تستطيع تسريع النمو، ولكن هذا ممكن فقط إذا كان امتصاص العناصر الغذائية الأخرى والمياه قادراً على مواكبة النمو - لكنها لا تستطيع ذلك. أيضاً، يتراكم النيتروجين الزائد في شكل أيون الأمونيوم، والذي، عند الأكسدة، يطلق المزيد من أيونات الهيدروجين والأحماض العضوية، ويستهلك الكربوهيدرات النباتية، ويخفض درجة حموضة الأوراق، ويزيد من حموضة التربة. بشكل عام، تكون النتيجة بيئة نمو الشجرة متوترة.

وقد وثقت زيادة كبيرة في الحموضة ونضوباً ثابتاً للمغذيات على مدى 30 عاماً في غابة تجريبية في ساوث كارولينا. أظهر الباحثون أن المطر الحمضي يعيق القدرة على عزل الأشجار من المواد السامة، مثل: (الألومنيوم والمعادن الثقيلة الأخرى). ثم قاموا بحساب ميزانية أيون الهيدروجين - صافي المكاسب والخسائر في الهيدروجين - عن طريق قياس العناصر الغذائية المتراكمة، وتنفس جذر الشجرة، والأحماض العضوية الناتجة عن انهيار قشور الدبوس

والجذور والقمامة. خلال فترة 28 عاماً بين عامي 1962 و1990، انخفض الرقم الهيدروجيني للتربة بمقدار وحدة واحدة للرقم الهيدروجيني في أعلى 35 سم من التربة ونصف وحدة أس هيدروجيني في أقل من 35 سم.

كانت توصية الباحثين هي أنه لضمان النمو المستدام للغابات المُدارة، يجب أن يشمل التسميد بالمغذيات الرئيسية الكالسيوم والبوتاسيوم بالإضافة إلى النيتروجين والفوسفور. جرى تأكيد فقدان الكالسيوم من 10 ولايات أخرى في شرق الولايات المتحدة؛ يظهر كل من خشب التنوب الأحمر والقيقب السكري ضغوطاً في النمو ويقلل من المقاومة لهجمات الحشرات. وهكذا، مع أنَّ التحمض في التربة يحدث ببطء، فإن النظم البيئية ستكون أبطأ في التعافي بمجرد تقليص الأحمال الجوية من الحمض.

بالإضافة إلى تأثيرات الملوثات الجوية الحمضية، تؤدي استجابات النبات للمؤكسدات الكيميائية الضوئية، وخاصة الأوزون، دوراً رئيسيّاً في ديناميات الغابات. الأوزون، كما لوحظ سابقاً، هو عامل مؤكسد مُهمٌّ جدّاً يتراكم في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي نتيجة تداخلات قصيرة في طبقة الستراتوسفير وتكوينه الضوئي الكيميائي المزمن من ثاني أكسيد النيتروجين والهيدروكربونات غير المشبعة.

باستثناء نترات البيروكسي أسيل (PAN)، لم يثبت أن المؤكسدات الأخرى، مثل حمض الفورميك، ونترات البيروكسي بروبيونيل (PPN)، وبيروكسيد الهيدروجين، المتكونة من التفاعلات الكيميائية الضوئية في طبقة التروبوسفير، تضر بالنباتات الحراجية.

تشير البيانات المسجلة منذ عام 1974 إلى أن جنوب غرب المحيط الهادئ وشمال شرق المحيط الأطلسي لديهما أكبر احتمال لتلف الأشجار من الأوزون. تشمل المناطق الأخرى الموثقة لإظهار إصابة الأوزون جنوب أونتاريو ومنطقة فانكوفر الكبرى ووادي المكسيك.

قد يجري نقل الأعمدة التي تحوي على تركيزات عالية من الأوزون لمسافات طويلةٍ، مثل عمود لوس أنجلوس الحضري الذي تحرك 350 كم شرقاً إلى وادي نهرٍ كولورادو بالقُرْب من نيدلز، كاليفورنيا. لكل من السمات الطبوغرافية وعوامل الأرصاد الجوية تأثيرات مُهمَّة على تركيزات الأوزون. السطح البيني بين اليابسة والماء حيث تستمر تقلبات درجات الحرارة بشكل جيد في النهار، مثل: (ساحل المحيط الهادئ، والساحل الشمالي الشرقي، ومناطق البحيرات الكبرى) هي أكثر عرضة لتطوير تركيزات عالية من الأوزون، بشرط وجود أكسيد النيتروز والتلوث الهيدروكربوني.

تسبب الأوزون في إصابة أشجار الصنوبر الأبيض الشرقي في جبال بلو ريدج وجنوب أبالاتشيا، وسكر القيقب في أعالي وادي نهر أوهايو، والرماد الأبيض والصنوبر الأبيض الشرقي في جنوب أونتاريو، وغابات الصنوبر والتنوب على بُعْد 20-30 كم جنوب غرب مدينة مكسيكو.

تتسبب تركيزات الأوزون في إتلاف أغشية الخلايا (ظاهرة مشابهة للشيخوخة) وتقليل التمثيل الضوئي. تظهر الأدلة التجريبية أن الأوزون، الذي يتكون من تركيزات عالية من أكاسيد النيتروجين، ضار بشكل مباشر بأوراق الأنواع عريضة الأوراق، مثل: (البلوط) والصنوبريات، مثل: (الصنوبر، والتنوب) وينتج عنه ترشيح أيونات المغذيات وبخاصة الكالسيوم والمغنيسيوم.

ينتج عن فقدان المغنيسيوم اصفرار الأوراق لأن المغنيسيوم عنصر مُهمٌّ في جزيء الكلوروفيل. تسهم أكاسيد النيتروجين في الحموضة، لكن التحولات في التربة قد تعزز جزئيّاً توافر النيتروجين لنمو النبات. من ناحية أخرى، يبدو أن زيادة الحموضة تقلل من معدل نترجة التربة وتفضل أيضاً شكل الألومنيوم من النيتروجين بمرور الوقت. هذا له تأثير قوي في نمو الجذور.

آثار التحمض في الزراعة

كما أوضحت المناقشة السابقة حول البحيرات والجداول والغابات، فإن التربة تحمل مفتاح عمليات التحميض فيما يتعلق بالزراعة أيضاً. بشكل عام، يتم الحفاظ على التربة الزراعية عند درجة حموضة أكبر من 5 (حموضة قليلة) في نطاقات جيدة لنمو محصول معين.

طالما أن التربة تتمتع بقدرة تخزينية (أي قدرة كافية على تحييد الأحماض)، فإن التحميض يكون أبطأ بكثير وأقل إضراراً بنمو النبات. سيجري تحميض التربة الخشنة، منخفضة المواد العضوية، والضحلة بسرعة أكبر من التربة الأعمق، التي تحوي على المزيد من المواد العضوية ومحتوى الطين.

وهكذا، مثلاً، فإن الترب الدكناء Mollisols (التربة الزراعية المهيمنة في الولايات المتحدة)، ذات المحتوى العالي من القواعد، لديها قدرة تخزين عالية وتظهر آثار ضارة أقل من الترسب الحمضي. وتمتلك تربة الفيزولس Alfisols والتربة الحمراء Ultisols أيضاً تشبعاً قاعديًا مرتفعاً، وبالتالي ستظهر تأثيرات أقل.

في المقابل، فإن تربة الغابات، مثل (البودزولات Spodosols)، والتربة الاستوائية، مثل (الأوكسيزولات Oxisols)، والتربة الحديثة النمو، مثل (الإنتيسولات Entisols) لها محتوى منخفض من المواد العضوية وقدرات تبادل الكاتيونات، فضلاً عن غلبة أكسيد الألومنيوم والحديد؛ وبالتالي، سوف تتأثر بشكل كبير.

كما هو الحال مع الغابات، فإن عملية التحميض لا تقتصر على خفض درجة الحموضة في التربة فحسب، بل هي أيضاً عبارة عن تأثير تراكمي للرقم

الهيدروجيني، والقدرة على التخزين المؤقت، وإذابة الألومنيوم ، والأهم من ذلك، تصدير الكالسيوم والمغنيسيوم من النظام.

تكون التربة الاستوائية عموماً حمضية إلى حد ما نظراً لعمرها وبيئتها الرطبة. ومع ذلك، وبسبب حموضتها، فإن التركيزات العالية من الحديد وأوكسي هيدروكسيدات الألومنيوم تمنحها قدرة امتصاص عالية للكبريتات. في هذه الأنواع من الأنظمة، قد يتأخر تحمض النظم الإيكولوجية المائية إلى حد كبير بعد ظهور الأيون المتحرك. لقد اقترح أن بعض محاصيل السلطة الورقية، مثل الخس والسبانخ، قد تكون بمثابة مؤشرات حساسة للكشف عن الضرر.

• تلوث الغلاف الجوي وصحة الإنسان

من الواضح أن أنظمة الدعم البشري تتأثر بشكل كبير بترسيب الغلاف الجوي (أي من خلال انخفاض نمو أشجار الغابات، وغلات المحاصيل الغذائية، والأنواع المائية، وزيادة الاحتباس الحراري من غازات الدفيئة المحسنة).

ومع ذلك، فإن الملوثات لها تأثير مباشر في صحة الإنسان، ومثل تدهور شجرة الغابات، يمكن أن يكون سببه النتيجة التآزرية لعدد من العوامل. وتشمل هذه العوامل ملوثات الهواء وكذلك تلك التي يجري تناولها من مياه الشرب والطعام.

يمكن أن يكون للجرعات العالية من كل عنصر تأثيرات متباينة في أجزاء مختلفة من جسم الإنسان. تشمل ملوثات الهواء على وجه التحديد التأثيرات

المسرطنة للملوثات العضوية، مثل: (البنزين) والمعادن، مثل: (النيكل وأمراض الجهاز التنفسي الناتجة عن أكاسيد النيتروجين والكبريت وتهيج العين واضطرابات الدماغ والعصبية).

لقد ثبت أن تركيزات الأوزون العالية وحدها تسبب تهيجاً مؤلماً للجهاز التنفسي، وانخفاض وظائف الرئة، والربو، وانتفاخ الرئة. لقد صارت تنبيهات تركيز الأوزون حالياً جزءاً من تقارير الطقس اليومية في الولايات المتحدة والمُدن الرئيسية في العالم.

• آثار ترسيب الغلاف الجوي في الأبنية

مثال ممتاز على عملية التدهور بوساطة ملوثات الهواء والعمل الإضافي للعوامل الجوية موضح من خلال تمثال الملاك في كولونيا، جير موني. هناك عمليات عدة متضمنة تشمل: (ترسب الغبار، والدخان، والسخام، والترسب الجوي المستمر) الذي يسرع بشكل كبير من تدهور مادة التمثال عن طريق التجوية الفيزيائية والكيميائية.

في حالة تاج محل، أحد العجائب السبعة في العالم، أدى الترسب الحمضي إلى تدهور الهيكل المصنوع بالكامل من الرخام (الكالسيت). في أكثر من مناسبة، شجبت المحاكم الهندية، وفي بعض الحالات، أغلقت محطات توليد الطاقة التي تعمل بحرق الفحم، والتي وصلت أكاسيد الكبريتات والنيتروجين إلى هذا النصب الشهير.

جميع المواد الصخرية التي تحوي على كربونات الكالسيوم معرضة للذوبان من الترسب الحمضي، والمباني المصنوعة من الرخام تظهر تغير اللون وتدهور مع مرور الوقت. ينتج عن تفاعل حامض الكبريتيك مع الرخام والحجر الجيري تكوين الجبس القابل للذوبان في الماء (كبريتات الكالسيوم)، الذي يُغسل بعد هطول الأمطار، وبالتالي، تفقد الطبقات السطحية التي تحمل الأعمال المزخرفة المحفورة، كما أن ضياعها يعرض الطبقات العميقة للتدهور أيضاً.

في المقابل، لا تتضرر صخور الغرانيت والحجر الرملي التي تتكون أساساً من السيليكا ومواد السيليكات بالحمض. ومع ذلك، تحوي بعض الأحجار الرملية على كربونات تالفة. أظهرت الدراسات أن الترسيب الجاف (ترسب الجزيئات بين أحداث المطر) أكثر ضرراً من الترسيب الرطب (ترسب الجسيمات أثناء أحداث المطر).

لا تتأثر الآثار بترسيب الغلاف الجوي فحسب، بل تؤثر أيضاً مكوناتها الكيميائية في جميع المواد المشابهة، ويكون التأثير الفوري نسبيّاً للملوثات أكثر وضوحاً في المناطق الأقرب إلى مكان نشأتها. تستخدم صناعة السيارات مصطلحاً مركباً يسمى (التداعيات البيئية) للإشارة إلى الضرر [الذي يلحق بالسيارات] الناجم عن تلوث الهواء، مثل: (المطر الحمضي)، والحشرات المتحللة، وفضلات الطيور، وحبوب اللقاح، ونسغ الأشجار.

ثاني أكسيد الكبريت له أكبر تأثير في تآكل المواد المكشوفة المصنوعة من الفولاذ والزنك. مع أنّ مركبات أكاسيد النيتروجين قد ثبت أن لها تأثيرات محدودة، فإن دمجها مع ثاني أكسيد الكبريت يعزز تآكل النحاس ومواد التلامس الكهربائية، مثل: (طلاء الذهب، والنحاس).

من خلال عملية معقدة، يكون لتحمض التربة آثار تآكل مُهمَّة لمواد البناء التي تشمل الحديد الزهر والرصاص وأنابيب المياه المعدنية والخرسانة. من المتوقع حدوث خسارة سنوية تزيد على 2 بليون دولار نتيجة التدهور الناتج عن الترسب الجوي للدهانات والبلاستيك ومواد البوليمر الأخرى في الولايات المتحدة وحدها.

لا توجد تقديرات جيدة للضرر الكلي للبنية التحتية البشرية من التلوث الجوي. ومع ذلك، يشير أحد التقديرات إلى أن الأضرار التي لحقت بالمعادن، والأجزاء الخارجية للمباني، والأسطح المطلية تكلف الدول الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية البالغ عددها 24 دولة نحو 20 بليون دولار سنويّاً. يلاحظ أنه إذا أدرجت تكاليف الغابات الميتة والمحتضرة والبحيرات والجداول المحمضة وخسائر المحاصيل في المعادلة، فقد يكون تكلفة تلوث الغلاف الجوي فلكيّاً جدّاً.

ثقب الأوزون وبروتوكول مونتريال وكل المناقشات السابقة حول ملوثات الهواء مرتبطة بطبقة التروبوسفير، التي تمتد حتى نحو 8 كيلومترات فوق سطح الأرض، ولكن هناك المزيد الذي يجب مراعاته أعلى في الجزء العلوي الغلاف الجوي. طبقة الستراتوسفير، التي يصل ارتفاعها إلى نحو 59 كم، تؤوي طبقة من O3 تكون الأكثر كثافة بين 11 و20 كم. يقوم بتصفية الكثير من الأشعة فوق البنفسجية الضارة القادمة من الشمس قبل أن تصل إلى الأرض.

لاحظنا سابقاً أن الأشعة فوق البنفسجية (UV) يمكن وصفها بأنها UVA 315-400 (نانومتر) وUVB 280-315 (نانومتر)، وكلاهما ضار بشكل تدريجي لنمو الكائنات الحية، و UVC < 280 (نانومتر)، الذي يقتل الحيوانات والنباتات.

وبالتالي، فإن الآثار الضارة للأشعة فوق البنفسجية تزداد بشكل كبير مع تناقص الطول الموجي. الإشعاع الذي يقل عن 10 نانومتر هو إشعاع قصير الموجة عالي التردد، ويتضمن أشعة سينية وأشعة جاما القادرة على اختراق المادة.

مجموعة متخصصة من المركبات التي استخدمها البشر على مدار الـ 75 عاماً الماضية أو نحو ذلك ترتفع في الغلاف الجوي العلوي (الستراتوسفير) وتسبب تغيراً فريداً له تأثير هائل في الحياة على الأرض.

هذه المجموعة من المركبات المهلجنة، المعروفة مجتمعة باسم (مركبات كلوروفلورو كربون CFCs)، تؤدي إلى تدهور طبقة الأوزون في الستراتوسفير، مما يؤدي إلى ترققها على مساحة كبيرة إلى نقطة تدمير الطبقة التي يشار إليها باسم (ثقب الأوزون). في المناطق التي يُفقد فيها O3، تصل الأشعة فوق البنفسجية UVB وUVC إلى الأرض.

تمتص طبقة O3 الستراتوسفيرية الأشعة فوق البنفسجية الواردة، وبالتالي تقلل من آثارها الضارة في الكائنات الحية وتسمح لكائنات التمثيل الضوئي بالبقاء على قيد الحياة في القارات أيضًا.

تعمل مركبات الكلوروفلوروكربون على تسريع معدل تكسير O3 إلى جزيئات (O2) وأكسجين ذري (O) تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية النشطة. تسمى المواد المستنفدة للأوزون (oDS)، وتشمل المركبات المحتوية على الكلور مثل مركبات الكربون الكلورية فلورية ومركبات الكربون الهيدروكلورية فلورية (HCFCs) والمركبات المحتوية على البروم مثل الهالونات وبروميد الميثيل (CH3Br) ومركبات الكربون

الهيدروفلورية (HFCs) وأكسيد النيتروجين (N_2O). لقد تضاعف استخدامها بشكل كبير منذ عام 1930، عندما اكتشف توماس ميدغلي جونيور، الكيميائي في جنرال موتورز، أول مركبات الكربون الكلورية فلورية وأظهر فائدتها الصناعية المتنوعة.

مركبـات الكلوروفلوروكربـون، مثـل: (الفريـون) مركبـات مسـتقرة وعديمـة الرائحـة وغير قابلـة للاشـتعال وغيـر سـامة وغيـر قابلـة للتـآكل. تُسـتخدم كمبـردات (مكيفـات هـواء للمنـزل والسـيارات)، ووقـود دافـع (في علـب رذاذ الهبـاء الجـوي)، وعوامـل نفـخ الرغـوة، ومذيبـات، وعوامـل تنظيـف لشـرائح الحاسـوب، ومعقمـات المستشـفيات، ومـواد تبخيـر لمخازن الحبـوب؛ لإنشـاء فقاعـات في السـتريوفوم؛ وفي العـزل والتعبئـة.

نظـراً للعديـد مـن الاسـتخدامات لهـذه المركبـات، كان الارتفـاع غيـر المسـبوق في مركبـات الكربـون الكلوريـة فلوريـة في الغـلاف الجـوي، وبالتالـي مسـتويات الكلـور أمـراً لا مفـر منـه.

لأنهـا غيـر تفاعليـة، قـد تبقـى مركبـات الكربـون الكلوريـة فلوريـة في الغـلاف الجـوي لمـدة 400-60 سـنة. تشـير التقديـرات إلـى أن ذرة كلوريـد مفـردة يمكنهـا تحويـل مـا يصـل إلـى 100000 جـزيء مـن O_3 إلـى O_2. للحصـول علـى فكـرة عـن ضخامـة هـذه الأرقـام، يحـوي فنجـان قهـوة صغيـر مـن البوليسـترين علـى أكثـر مـن 1 بليـون (أي 10^9) جـزيء مـن مركبـات الكربـون الكلوريـة فلوريـة التـي إذا أُطلقـت في الهـواء يمكـن أن تحـول 10^{14} جـزيء مـن الأوزون في السـتراتوسـفير.

زادت تركيـزات الكلـور الكلـي في السـتراتوسـفير مـن 0.6 جـزء مـن البليـون (أجـزاء لـكل 109 جزيئـات مـن الهـواء حسـب الحجـم) في القـرن التاسـع عشـر

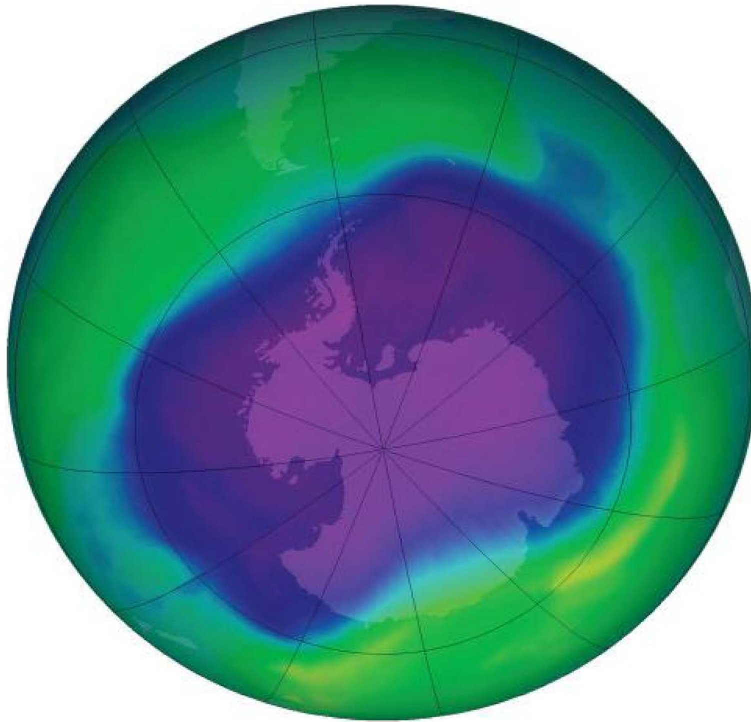
إلى 2 جزء من البليون في أواخر السبعينيات. تزيد تركيزات الكلور والبروم في الستراتوسفير حالياً عن 3 و 0.02 جزء من البليون، على التوالي.

تختلف كمية الأوزون فوق موقع ما على الأرض من حيث المكان باختلاف خط العرض والموسم ومن يوم لآخر. تم اقتراح دور مركبات الكربون الكلورية فلورية كعوامل للتخلص من O3 لأول مرة في عام 1974 من قِبل ماريو مولينا وشيروود رولاند، الذين كانا أول من أوضح كيف أدى الكلور الناتج عن مركبات الكربون الكلورية فلورية إلى تحلل O3 إلى O2 و O، في حين أوضح بول كروتزن دور مركبات النيتروجين.

شارك الثلاثة جميعاً في جائزة نوبل في الكيمياء لعام 1995، وهي المرة الأولى التي تقاسم فيها العلماء الجائزة عن عمل ينطوي على مشكلة في البيئة. لم يطوّر نماذج الحاسوب إلا في أواخر السبعينيات من القرن الماضي والتي أظهرت أن استنفاد الأوزون الشديد الذي يسببه الإنسان فوق القارة القطبية الجنوبية كان يحدث منذ عام 1979. وانخفضت مستويات الأوزون العالمية بمعدل 3 % تقريباً بين عامي 1979 و 1991.

خلال شهري سبتمبر وأكتوبر من عام 1987 و1989 و1990، كانت هناك منطقة مستنفدة من O3 فوق القارة القطبية الجنوبية، وكان حجمها أكبر من مساحة الولايات المتحدة؛ وقد تمت الإشارة إلى هذا باسم ثقب الأوزون في القطب الجنوبي. توسع ثقب الأوزون في القطب الجنوبي إلى حجم قياسي يبلغ نحو 28.3 مليون كيلومتر مربع في 3 سبتمبر 2000، بعد أن جرى تسجيل ثاني أكبر ثقب بنحو 27.2 مليون كيلومتر مربع في 19 سبتمبر 1998.

يؤدي مزيج من درجات الحرارة الباردة وقطرات الماء في السحب ومركبات الكربون الكلورية فلورية إلى استنفاد أكبر للأوزون عند خطوط العرض العُليا في كلا نصفي الكرة الأرضية. في كلتا المنطقتين القطبيتين، هناك النضوب في الشتاء والربيع - في القطب الجنوبي، يبدأ في أواخر أغسطس، ويشتد من سبتمبر إلى نوفمبر.



مستويات الأوزون المنخفضة في الستراتوسفير فوق القطب الجنوبي في سبتمبر 2000 تظهر باللون الأزرق في صورة ذات ألوان زائفة أنتجتها وكالة ناسا.

في أكتوبر 2006، أفاد غير براثين، أخصائي الأوزون في المنظمة العالمية للأرصاد الجوية التابعة للأمم المتحدة ومقرها جنيف، أن ثقب الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية في عام 2006 قد تطابق مع الحجم القياسي البالغ 29.5 مليون كيلومتر مربع. مساحة الثقب أكبر بقليل من عام 2000 القياسي، وفقاً لقياسات ناسا.

كان من دواعي قلق براثين أن كمية جزيئات غاز الأوزون المتبقية في الثقب كانت أقل حتى مما كانت عليه في عام 2000، وهو قياس يسمى (عجز الكتلة). وفقاً لوكالة الفضاء الأوروبية، بلغت الخسارة 39.8 ميغا طن.

وأشار براثين إلى أن الثقب كان يتشكل في درجات حرارة شديدة الانخفاض تشير إلى نهاية شتاء القارة القطبية الجنوبية كل عام منذ منتصف الثمانينيات. بشكل عام، الثقب أكبر في أواخر سبتمبر.

قالت وكالة الأرصاد الجوية في وقت سابق من هذا الشهر، إن شتاء القارة القطبية الجنوبية هذا العام كان شديد البرودة، مما أدى إلى زيادة استنفاد طبقة الأوزون. مع أنّ حدوث انخفاض في المواد المستنفدة للأوزون خلال السنوات القليلة الماضية، إلا أن الغلاف الجوي لا يزال مشبعًا بها. وفقًا للوكالة، سيستغرق الأمر حتى عام 2065 حتى تتعافى طبقة الأوزون ويغلق الثقب فوق القطب الجنوبي. هذا التقدير أطول بـ 15 عاماً من التوقعات السابقة للوكالة.

في المناطق القطبية، يبدأ النضوب في يناير ويبلغ ذروته في أبريل ومايو. يظهر مع عودة درجات الحرارة الأكثر دفئًا في فصلي الربيع والصيف. يصير Cl و Br أكثر نشاطاً ويتحلل من O3 أكثر. كانت تأثيرات فقدان الأوزون والأشعة

فـوق البنفسـجية الـواردة أكثـر وضوحًـا في أجـزاء كبيـرة مـن أسـتراليا ونيوزيلنـدا وأطـراف أمريـكا الجنوبيـة وأفريقيـا.

وبدرجـة أقل، يحـدث اسـتنفاد O3 أيضـاً مـن انبعاثـات غـازات أكسـيد النيتـروز التفاعليـة. تتفاعـل هـذه الغـازات مـع الهيدروكربونـات الطبيعيـة والبشـرية المنشـأ وأول أكسـيد الكربـون، ممـا يسـهم في الإنتـاج الكيميائـي الضوئـي لـلأوزون، وتلـوث الهـواء (الهبـاء الجـوي)، وتأثيـر الاحتبـاس الحـراري في الغـلاف الجـوي السـفلي (التروبوسـفير)، ونضـوب الأوزون في السـتراتوسـفير.

تقـدر وكالـة حمايـة البيئـة الأمريكيـة أن 5 % مـن اسـتنفاد طبقـة الأوزون في السـتراتوسـفير قـد يتسـبب في الآثـار الضـارة الآتيـة في الولايـات المتحـدة:

- 170 مليون حالة إصابة إضافية بسرطان الجلد.
- زيادة حادَّة في إعتام عدسة العين.
- قمع جهاز المناعة البشري.
- زيادة الرعاية الصحية في الولايات المتحدة 3 بليونات دولار (بدولارات 1996).
- زيادة الضباب الدخاني الكيميائي الضوئي الذي يحرق العين.
- انخفاض غلة المحاصيل الغذائية المُهمَّة، مثل: (الذرة والأرز وفول الصويا والقمح).
- انخفاض في نمو العوالق النباتية المحيطية.
- خسـارة إضافيـة قدرهـا 2 بليـون دولار نتيجـة تحلـل الدهـانـات واللدائـن ومـواد البوليمـر الأخـرى.

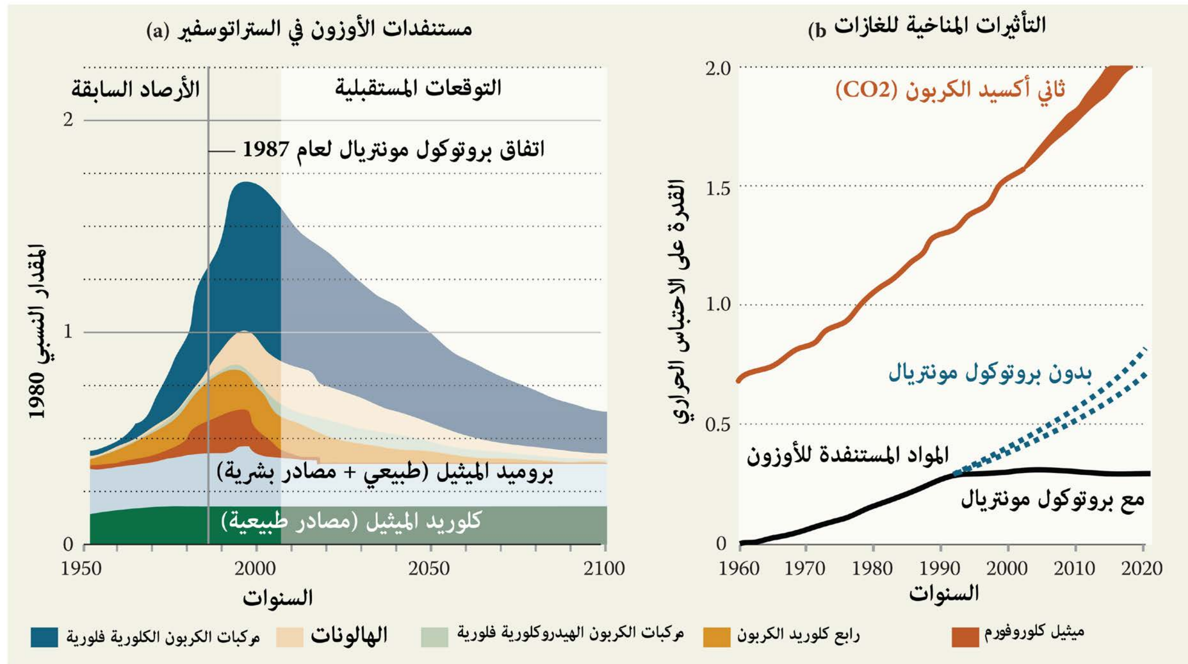
• بروتوكـــول مونتريـــال

في عام 1987، أدى القلق بشأن ضخامة استنفاد طبقة الأوزون الستراتوسفير إلى اتخاذ المجتمع الدولي إجراءات. وكانت النتيجة الموافقة، في 16 سبتمبر 1987، على اتفاق للتخلص التدريجي (بمرور الوقت) من إنتاج واستخدام جميع مركبات الكربون الكلورية فلورية والهالوجينات ورابع كلوريد الكربون وكلوروفورم الميثيل.

بحلول عام 1989، صادقت 29 دولة، تمثل 82 % من استهلاك العالم لمثل هذه المركبات، على المعاهدة؛ اعتباراً من عام 2006، وقعت 191 دولة الآن على بروتوكول مونتريال. لقد تم تنقيحه جوهريّاً خمس مرات منذ تمريره. يقدم كتيب بروتوكول مونتريال تفاصيل وشرح الأحكام.

بروتوكول مونتريال هو معاهدة عالمية نموذجية لا مثيل لها، تقلل من مستوى المواد التي تستنفد الأوزون. لقد كان معرضاً رائعاً للتعاون بين البيئة والصناعة.

لم يكن مروره ممكناً بدون تعاون شركة DuPont، التي صنعت ما يقرب من 80 % من إمداد العالم من هذه المركبات. كان مروره، بالإضافة إلى تقليل حجم ثقب الأوزون، تطوراً مرحبًا به في إبطاء احترار المناخ.



بروتوكول مونتريال الذي قلل من الاستخدام العالمي للمواد المستنفدة للأوزون في الستراتوسفير وتأثيره في الحد من استخدام هذه المواد (اللوحة اليسرى). نظراً لأن المواد المستنفدة للأوزون هي أيضاً غازات دفيئة، فقد أعطى بروتوكول مونتريال وتعديلاته بدايةً مبكرةً لإبطاء الاحترار المناخي (اللوحة اليمنى). يعطي المحور الأيسر (قدرة الاحتباس الحراري) التأثير المناخي بوحدات واط لكل متر مربع.

حلول مشكلة تلوث الهواء وطبقة الأوزون

1. اختبر الرادون والفورمالديهايد داخل منزلك واتخذ الإجراءات التصحيحية حسب الحاجة.
2. لا تشتر الأثاث والمنتجات الأخرى التي تحوي على الفورمالديهايد.
3. اخلع حذاءك قبل دخول منزلك لتقليل مدخلات الغبار والرصاص والمبيدات.
4. قم بالتبديل إلى المنظفات الخالية من الفثالات.
5. استخدم الليمون المطبوخ كعطر طبيعي.
6. اختبر منزلك أو مكان عملك لمعرفة مستويات ألياف الأسبستوس، وتحقق من وجود أي مواد متهالكة من الأسبستوس إذا كان قد تم بناؤه قبل عام 1980.
7. لا تقم بتخزين البنزين أو المذيبات أو غيرها من المواد الكيميائية الخطرة المتطايرة داخل المنزل أو المرآب الملحق به.
8. إذا كنت تدخن، فافعل ذلك بالخارج أو في غرفة مغلقة مهواة للخارج وليس بين الناس.
9. تأكد من أن المواقد التي تعمل بحرق الأخشاب، والمدافئ، وسخانات الكيروسين والغاز، مثبتة بشكل صحيح، وتهويتها، وصيانتها.
10. قم بتركيب أجهزة الكشف عن أول أكسيد الكربون في جميع أماكن النوم.

المراجـــع

Franklin J. Agardy & Nelson Leonard Nemerow , **Environmental Solutions**, , Elsevier Science & Technology Books, 2005.

Glasbergen P. and A. Blowers, Butterworth-Heinemann, **Perspective, environmental problems** ,An imprint of Elsevier Science, Linacre House, Jordan Hill, Oxford, 1995.

Michiel Roscam Abbing , **Plastic Soup: An Atlas of Ocean Pollution**, Translation, Uitgeverij Lias BV, Translation by Tessera Translations Design by Nico Richter, Island Press, 2019.

Mohan K. Wali, Fatih Evrendilek, M. Siobhan Fennessy, **The Environment: science, issues, and solutions** , CRC Press is an imprint of Taylor & Francis, 2010.

Tyler G. Miller & Scott Spoolman, Thomson Higher Education **Environmental Science Problems**, Concepts, and Solutions, 12 ed, Belmont, 2008.

Tyler Miller & Scott Spoolman , **Living in the Environment**, 17 ed, G., Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont, 2012.


موسوعة العمري
في علوم الأرض



أ.د. عبد الله بن محمد العمري

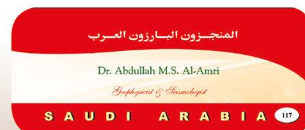
www.alamrigeo.com E.mail : alamri.geo@gmail.com Cell : +966505481215

المناصب الإدارية والفنية	❖ دكتوراه في الجيوفيزياء عام 1990 م من جامعة مينيسوتا - أمريكا. ❖ المشرف على مركز الدراسات الزلزالية- جامعة الملك سعود. ❖ المشرف على كرسي استكشاف الموارد المائية في الربع الخالي. ❖ المشرف على مركز الطاقة الحرارية الارضية بجامعة الملك سعود. ❖ رئيس الجمعية السعودية لعلوم الأرض. ❖ رئيس قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود. ❖ مؤسس ورئيس تحرير المجلة العربية للعلوم الجيولوجية AJGS. ❖ رئيس فريق برنامج زمالة عالم مع جامعة أوريغون الحكومية الأمريكية ومعهد ماكس بلانك الألماني.
الاستشارات والعضويات	• مستشار مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. • مستشار هيئة المساحة الجيولوجية وهيئة المساحة العسكرية والدفاع المدني. • مستشار مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة. • مستشار هيئة الرقابة النووية والإشعاعية. • باحث رئيس في عدة مشاريع بحثية مدعمه من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وشركة أرامكو. • باحث رئيس في مشاريع مدعمه من وزارة الطاقة الأمريكية وجامعة كاليفورنيا ومعمل ليفرمور الأمريكي LLNL. • عضو الجمعية الأمريكية للزلازل. • عضو الاتحاد الأمريكي للجيوفيزياء. • عضو الاتحاد الأوروبي للجيولوجيين. • عضو لجنة كود البناء السعودي وعضو المنتدى الخليجي للزلازل GSF. • عضو لجنة تخفيف مخاطر الزلازل في دول شرق البحر الأبيض المتوسط RELEMR. • باحث رئيسي ومشارك في مشاريع بحثية مع جامعات الاباما وبنسلفانيا وأوريغون الامريكية. • ضمن قائمة (المنجزون البارزون العرب) من قبل منظمة ريفاسيمنتو الدولية. • ضمن قائمة Who's Who في قارة آسيا للتميز العلمي. • ضمن قائمة Who's Who في العالم للإسهامات العلمية.
النشر العلمي والتأليف	❖ نشر أكثر من **200** بحثاً علميًا في مجلات محكمة. ❖ ألف **35** كتاباً علمياً. ❖ أصدر موسوعة رقمية في علوم الأرض من **14** مجلداً و**107** ملفات علمية.
المشاريع البحثية	❁ أنجز **40** مشروعاً بحثياً محلياً و **16** مشروعاً بحثياً دولياً و **74** تقريراً فنياً.
المؤتمرات والندوات	❁ شارك في أكثر من **125** مؤتمراً محلياً ودولياً و **75** ندوة وورشة عمل متخصصة.
التعاون الدولي	❁ باحث رئيسي في **13** مجموعة عمل أمريكية وألمانية.
الجوائز	❖ حصل على جائزة المراعي للإبداع العلمي عام 2005 م. ❖ حصل على جائزة التميز الذهبي من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم و التقنية عام 2006 م. ❖ حصل على جائزة أبها التقديرية للإسهامات العلمية عام 2007م. ❖ حصل على جائزة جامعة الملك سعود للتميز العلمي عام 2013 م. ❖ حصل على جائزة الاتحاد الامريكي للجيوفيزياء للتعاون الدولي والنشاط البحثي عام 2013 م. ❖ حصل على جائزة جامعة السلطان قابوس للإسهامات العلمية عام 2013 م. ❖ حصل على جائزة الملك سعود لإدراج المجلة العربية للعلوم الجيولوجية في قائمة الـ ISI. ❖ حصل على جائزة أفضل رئيس تحرير مجلة علمية عام 2017 من الناشر الألماني SPRINGER. ❖ حصل على جائزة ألبرت نيلسون ماركيز للإنجاز مدى الحياة عام 2018 من منظمة Who's Who العالمية.
دروع التكريم	❖ حصل على **85** درعاً تكريمياً وشهادات تقدير من المملكة وعمان والكويت والإمارات والأردن ومصر وتونس والجزائر وألمانيا وأمريكا.







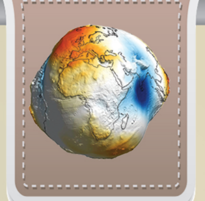







موسوعة العمري في علوم الأرض

Al-Amri's Encyclopedia of Earth Sciences




1 تقدير عمر الأرض

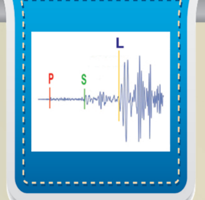

2 شكل الأرض وحركاتها


3 الجاذبية الأرضية وتطبيقاتها


4 التركيب الداخلي للأرض


5 المعادن والتعدين


6 المد والجزر




7 موجات التسونامي


8 الزلازل والتفجيرات

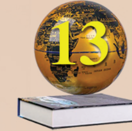

9 تقييم مخاطر الزلازل

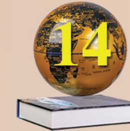

10 البراكين وسبل مجابهتها


11 جيولوجية القمر

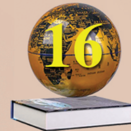

12 الأغلفة المحيطة بالأرض



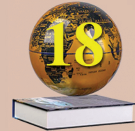

13 المشاكل البيئية وحلولها


14 التغيرات المناخية والاحتباس الحراري

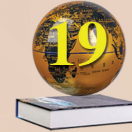

15 التشجير التحديات والحلول

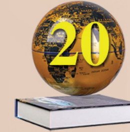

16 الانزلاقات والانهيارات والفيضانات

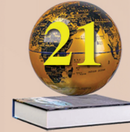

17 الأمطار السيول والسدود


18 التصحر والجفاف

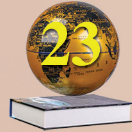



19 مستقبل الطاقة في عالمنا


20 الطاقة الحرارية الأرضية

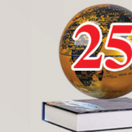

21 هل انتهى عصر النفط؟

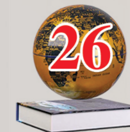

22 الجيوفيزياء النووية

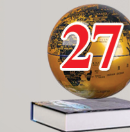

23 الجيولوجيا الطبية

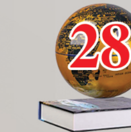

24 دليل كتابة الرسائل والنشر العلمي

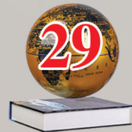



25 321 سؤال وجواب في تطور الأرض


26 325 سؤال وجواب في علم الصخور والجيوكيمياء


27 358 سؤال وجواب في الثروات الطبيعية


28 380 سؤال وجواب في المخاطر الجيولوجية


29 303 سؤال وجواب في علم الزلازل والزلزالية الهندسية


30 300 سؤال وجواب في الجيوفيزياء التطبيقية




www.alamrigeo.com

